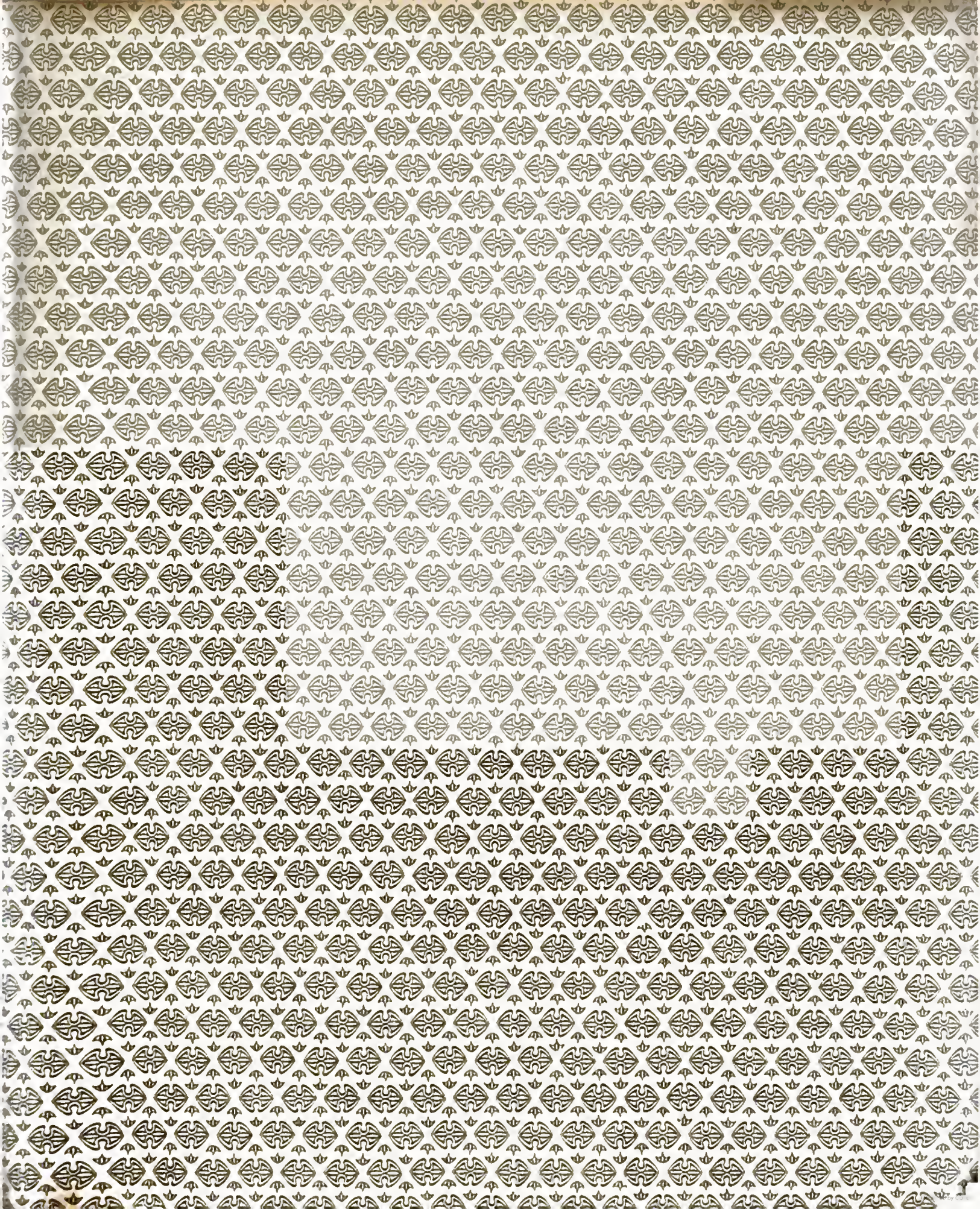
Library of the University of Michigan
Bought with the income
of the
Ford - Messer
Bequest



AS
182
B512
A2

Digitized by Google

Abhandlungen

der

Königlichen

Akademie der Wissenschaften

zu Berlin.

Abhandlungen

der

Königlichen

Akademie der Wissenschaften

zu Berlin.

110613

Aus dem Jahre

1826.

Nebst der Geschichte der Akademie in diesem Zeitraum.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königlichen Akademie der Wissenschaften.

1829.

In Commission bei F. Dümmler.

Digitized by Google

Inhalt.

Historische Einleitung ..... Seite I
Verzeichnifs der Mitglieder und Correspondenten der Akademie ..... - V

Abhandlungen.

Physikalische Klasse.

Hermbstädt: Versuche und Beobachtungen über den Einfluss der Düngungsmittel auf die Erzeugung der nähern Bestandtheile der Getreidearten... Seite 1
Derselbe: Versuche und Beobachtungen über die chemische Zergliederung des Kanonenmetalls ..... - 21
Karsten über die Veränderungen, welche die Festigkeit des Eisens durch geringe Beimischungen erleidet ..... - 29
Lichtenstein: Die Werke von Marcgrave und Piso über die Naturgeschichte Brasiliens, erläutert aus den Original-Abbildungen ..... - 49
Link über die ältere Geschichte der Getreidearten ..... - 67
Rudolphi über das Fehlen einzelner Theile in sonst ausgebildeten Organismen ... - 83
Weiss: Weiterer Verfolg des Lehrsatzes über die Theilung des Dreiecks ..... - 93
Alexander v. Humboldt: Bericht über die Naturhistorischen Reisen der Herren Ehrenberg und Hemprich ..... - 111

Mathematische Klasse.

Bessel: Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels ..... Seite 1
Encke über die Bahn der Vesta ..... - 257
Dirksen über die Bedingungen des Gleichgewichts eines freien materiellen Punktes - 271

Philosophische Klasse.

Schleiermacher über den Begriff des Erlaubten ..... Seite 1

Historisch-philologische Klasse.

Ideler über die von d'Anville in die alte Geographie eingeführten Stadien ..... Seite 1

Buttmann über die Entstehung der Sternbilder auf der griechischen Sfäre ..... - 19

Bopp: Vergleichende Zergliederung des Sanskrits und der mit ihm verwandten Sprachen ..... - 65

Ritter über geographische Stellung und horizontale Ausbreitung der Erdtheile .. - 103

Bekker: Der Roman vom Fierabras, Provenzalisch ..... - 129

Jahr 1826.

Am 24. Januar hielt die Königliche Akademie der Wissenschaften eine öffentliche Sitzung zur Feier des Jahrstages Friedrich's des Zweiten. Nachdem der Sekretar der philosophischen Klasse, Herr Schleiermacher, dieselbe eröffnet hatte, las Herr Uhden über ein in der hiesigen Königlichen Sammlung befindliches antikes Musiv-Gemälde, und Herr Schleiermacher über Platon's Ansicht von der Ausübung der Heilkunst.

Die öffentliche Sitzung am 3. Julius, dem Leibnitzischen Jahrstage, eröffnete Herr Encke, der Sekretar der mathematischen Klasse. Er las eine Gedächtnifsrede auf den verstorbenen Sekretar seiner Klasse, Herrn Tralles, und machte bekannt, dafs seit einem Jahr zu Correspondenten der Akademie erwählt seien: die Herren Ehrenberg, von Olfers, Marcel de Serres zu Montpellier, und Savigny zu Paris in der physikalischen Klasse; die Herren Bohnenberger zu Tübingen, Carlini zu Mailand, Baron de Fourier zu Paris, Ivory zu Edinburgh und Schumacher zu Altona in der mathematischen Klasse, und die Herren Gesenius zu Halle und Grimm zu Cassel in der historisch-philologischen.

Hierauf las der Sekretar der historisch-philologischen Klasse, Herr Buttmann, den Bericht der Klasse über die Beantwortung der von ihr aufgegebenen Preisfrage:

„*Das Wesen und die Bildung des etrurischen Volks aus den Quellen kritisch zu erörtern und darzustellen.*"

Die eingegangene einzige Beantwortung derselben ward des Preises würdig erkannt. Bei Eröffnung des Zettels fand sich als Verfasser angegeben: Herr C. O. Müller, Correspondent der Akademie, Professor zu Göttingen.

Der Sekretar der physikalischen Klasse, Herr Erman, las den Bericht der Klasse über die eingegangenen Preisschriften mit Bezug auf die Aufgabe des Ellertschen Legats:

„*Giebt es eine Bastarderzeugung im Pflanzenreiche?*"

Es waren drei Beantwortungen eingegangen. Zwei derselben erfüllten nicht die Erwartungen der Klasse. Die dritte ward des Preises für würdig erklärt. Bei Eröffnung des Zettels fand sich als Verfasser angegeben: Herr A. F. Wiegmann, privatisirender Apotheker in Braunschweig.

Die andern beiden Zettel wurden uneröffnet verbrannt.

Herr Wilhelm von Humboldt las hierauf die zweite Abtheilung seiner Abhandlung über die *Bhágavad-Gitá*, wovon der erste Theil in der vorjährigen Leibnitzischen Sitzung vorgetragen war.

Als neue Preisaufgabe ward von der historisch-philologischen Klasse folgende aufgestellt:

„*Eine, neben der Benutzung der Geschichtschreiber und Geographen, besonders auf Sprach-, Kunst- und andere historische Denkmale gegründete Musterung der jetzt lebenden europäischen Gebirgsvölker, von der obern Wolga, Düna, Dnepr an, zwischen dem Schwarzen und dem Baltischen Meere gegen Südwest bis zum Adriatischen, und*

von diesem längs des nördlichen Po-Ufers zu den Ostufern der mittlern Rhone, Saone und des mittlern Rheins, zum Behuf einer Grundlage der Ethnographie und Sprachenkarte von Europa."

Der Einsendungstermin ist der 31. März 1830. Die Ertheilung des Preises von 50 Dukaten geschieht in der öffentlichen Sitzung am Jahrstage von Leibnitz, den 3. Julius desselben Jahres.

Am 3. August hielt die Königliche Akademie der Wissenschaften zur Feier des Geburtstages Seiner Majestät des Königs eine öffentliche Sitzung, welche von dem Sekretar der philosophischen Klasse, Herrn Schleiermacher, eröffnet wurde, und in welcher Herr Encke über die Bahn der Vesta, und Herr Rudolphi über das Fehlen einzelner Theile in sonst ausgebildeten Organismen las.

Im April dieses Jahres kehrte Hr. Doctor Ehrenberg, nach einer sechsjährigen Abwesenheit von seiner, mit Unterstützung der Akademie nach dem Orient unternommenen Reise zurück; leider allein, da sein Gefährte, Hr. Doctor Hemprich, als Opfer des ruhmwürdigen Unternehmens fallend, zu Massaua in Abessinien den Tod gefunden hatte. Die wissenschaftlichen Resultate der Reise stellten sich als so bedeutend dar, dafs die Akademie beschlofs, eine Commission zu ihrer genaueren Untersuchung zu beauftragen, in deren Namen Hr. A. von Humboldt am 16. November einen ausführlichen Bericht erstattete, der hinter den physikalischen Abhandlungen dieses Bandes S. 111. eingeschaltet ist.

Die Akademie kaufte im Jahr 1826 von Herrn Mädler hieselbst für den Preis von 100 Thalern dessen handschriftliche Zu-

sammenstellung der seit 100 Jahren in Berlin gemachten meteorologischen Beobachtungen.

Die von der Akademie genehmigte Herausgabe der Besselschen Himmelskarten (s. den vorigen Jahrgang) ist in diesem Jahre vollends eingeleitet worden, worüber, so bald sie zur Reife gediehen ist, weitere Auskunft gegeben werden wird.

Zur Fortsetzung der auf Ausarbeitung eines Deutschen Wörterbuches abzweckenden Reise des Herrn Professor Graff in Königsberg hat die Akademie eine Unterstützung von 500 Thalern, und zu einer auf die Herausgabe des indischen Gedichts *Maha-Bharata* sich beziehenden Reise ihres Mitgliedes Herrn Bopp nach London 300 Thaler bewilligt.

Herr Schleiermacher legte seine Stelle als Sekretar der philosophischen Klasse nieder, und später Herr Buttmann die seinige als Sekretar der historisch-philologischen. Dies hat in der Geschäftsführung beider Klassen einen interimistischen Zustand zur Folge gehabt, welcher noch am Ende des Jahres fortdauerte.

Die Akademie hat Herrn Dr. Poggendorff die Erlaubniſs ertheilt, seine auf ihre Kosten angestellten meteorologischen Beobachtungen in seinen Annalen der Chemie und Physik bekannt zu machen.

Verzeichnifs

der Mitglieder und Correspondenten der Akademie.

December 1826.

I. Ordentliche Mitglieder.

Physikalische Klasse.

Herr *Hufeland.*
- *Alexander v. Humboldt.*
- *Hermbstädt.*
- *v. Buch.*
- *Erman,* Sekretar der Klasse.
- *Rudolphi.*

Herr *Lichtenstein.*
- *Weifs.*
- *Link,* auch Mitglied der philosoph. Klasse.
- *Seebeck.*
- *Mitscherlich.*
- *Karsten.*

Mathematische Klasse.

Herr *Grüson.*
- *Eytelwein.*
- *Fischer,* auch Mitglied der physikal. Klasse.
- *Oltmanns.*

Herr *Encke,* Sekretar der Klasse.
- *Dirksen.*
- *Poselger.*

Philosophische Klasse.

Herr *Ancillon,* auch Mitglied d. hist.-philolog. Kl.
- *Schleiermacher,* interimist. Sekretar d. Kl., auch Mitglied d. hist.-philolog. Kl.

Herr *v. Savigny,* auch Mitglied d. hist.-philolog. Kl.

Historisch-philologische Klasse.

Herr *Hirt,* Veteran.
- *Buttmann.*
- *Wilhelm v. Humboldt.*
- *Uhden.*
- *Schleiermacher,* provisorischer Sekr. d. Kl.
- *Niebuhr,* auch Mitglied der philosoph. Klasse.
- *Ideler.*

Herr *Boeckh.*
- *Bekker.*
- *Süvern.*
- *Wilken.*
- *Ritter.*
- *Bopp.*

II. Auswärtige Mitglieder.

Physikalische Klasse.

Herr *Berzelius* in Stockholm.
- *Blumenbach* in Göttingen.
- *Cuvier* in Paris.

Sir *Humphry Davy* in London.

Herr *Jussieu* in Paris.
- *Scarpa* in Pavia.
- *Sömmerring* in Frankfurt am Main.
- *Volta* in Como.

Mathematische Klasse.

Herr *Bessel* in Königsberg.
- *Gauſs* in Göttingen.

Herr Graf *la Place* in Paris.

Philosophische Klasse.

Herr *v. Göthe* in Weimar.

Herr *Stewart* in Edinburgh.

Historisch-philologische Klasse.

Herr *Gottfried Hermann* in Leipzig.
- *Silvestre de Sacy* in Paris.

Herr *A. W. v. Schlegel* in Bonn.

III. Ehren-Mitglieder.

Herr *C. F. S.* Freih. *Stein vom Altenstein* in Berlin.
- Graf *Daru* in Paris.
- *Imbert Delonnes* in Paris.
- *Dodwell* in London.
- *Ferguson* in Edinburgh.

Sir *William Gell* in London.

Herr *William Hamilton* in Neapel.
- Graf *v. Hoffmansegg* in Dresden.
- Colonel *Leake* in London.

Herr *Lhuilier* in Genf.
- *v. Loder* in Moskau.
- Gen. Lieut. Freih. *v. Minutoli* in Neufchatel.
- Gen. Lieut. Freih. *v. Müffling* in Berlin.
- *Prevost* in Genf.
- *Fr. Stromeyer* in Göttingen.
- *Thaer* in Mögelin.
- *v. Zach* in Genua.

IV. Correspondenten.

Für die physikalische Klasse.

Herr *Accum* in Berlin.
- *Autenrieth* in Tübingen.
- *Balbis* in Lyon.
- *Biot* in Paris.
- *Brera* in Padua.
- *Rob. Brown* in London.
- *Caldani* in Padua.
- *Chladni* in Kemberg.
- *Configliacchi* in Pavia.
- *Des Fontaines* in Paris.
- *Ehrenberg* in Berlin.
- *Florman* in Lund.
- *Gay-Lussac* in Paris.
- *Hausmann* in Göttingen.
- *Hellwig* in Braunschweig.
- *Jameson* in Edinburgh.
- *Kielmeyer* in Stuttgard.
- *Kunth* in Paris.
- *Larrey* in Paris.
- *Latreille* in Paris.
- *Mohs* in Freiberg.

Herr *von Moll* in München.
- *van Mons* in Brüssel.
- *Nitzsch* in Halle.
- *Oersted* in Kopenhagen.
- *v. Olfers* in Berlin.
- *Pfaff* in Kiel.
- *J. C. Savigny* in Paris.
- *Schrader* in Göttingen.
- *Marcel de Serres* in Montpellier.
- *C. Sprengel* in Halle.
- *v. Stephan* in Petersburg.
- *Tenore* in Neapel.
- *Thenard* in Paris.
- *Tiedemann* in Heidelberg.
- *Tilesius* in Mühlhausen.
- *Treviranus* d. ält. in Bremen.
- *Trommsdorf* in Erfurt.
- *Vauquelin* in Paris.
- *Wahlenberg* in Upsala.
- *Wiedemann* in Kiel.

Für die mathematische Klasse.

Herr *v. Bohnenberger* in Tübingen.
- *Bürg* in Wien.
- *Carlini* in Mailand.
- *de Fourier* in Paris.
- *Ivory* in Edinburgh.
- *Legendre* in Paris.

Herr *Olbers* in Bremen.
- *Oriani* in Mailand.
- *Poisson* in Paris.
- *de Prony* in Paris.
- *Schumacher* in Altona.
- *Woltmann* in Hamburg.

Für die philosophische Klasse.

Herr *Bouterwek* in Göttingen.
- *Degerando* in Paris.
- *Delbrück* in Bonn.

Herr *Fries* in Jena.
- *Ridolfi* in Padua.

Für die historisch-philologische Klasse.

Herr *Avellino* in Neapel.
- *Beigel* in Dresden.
- *Böttiger* in Dresden.
- *Bröndsted* in Kopenhagen.
- *Cattaneo* in Mailand.
- Graf *Clarac* in Paris.
- *Dobrowsky* in Prag.
- *Del Furia* in Florenz.
- *Anthimos-Gazis* in Griechenland.
- *Gesenius* in Halle.
- *Göschen* in Göttingen.
- *Grimm* in Cassel.
- *Halma* in Paris.
- *v. Hammer* in Wien.
- *Hase* in Paris.
- *Heeren* in Göttingen.
- *van Heusde* in Utrecht.
- *Jacobs* in Gotha.

Herr *Jomard* in Paris.
- *v. Köhler* in Petersburg.
- *Kumas* in Smyrna.
- *Lamberti* in Mailand.
- *v. Lang*, in Anspach.
- *Letronne* in Paris.
- *Linde* in Warschau.
- *Mai* in Rom.
- *Meier* in Halle.
- *K. O. Müller* in Göttingen.
- *Münter* in Kopenhagen.
- *Mustoxides* in Corfu.
- *Et. Quatremere* in Paris.
- *Abel-Remusat* in Paris.
- *Schömann* in Greifswald.
- *Simonde-Sismondi* in Genf.
- *Thiersch* in München.
- *Thorlacius* in Kopenhagen.

Im Jahr 1826 sind folgende Mitglieder der Akademie gestorben:

I. Ordentliche Mitglieder

der physikalischen Klasse:

Herr *F. A. Walter,* Veteran der Akademie seit 1816.

der mathematischen Klasse:

Herr *J. E. Bode,* Veteran der Akademie seit 1825.

II. Auswärtiges Mitglied

der historisch-philologischen Klasse:

Herr *J. H. Voſs* in Heidelberg.

III. Correspondenten

der mathematischen Klasse:

Herr *J. Piazzi* in Palermo.

der historisch-philologischen Klasse:

Herr *J. S. Vater* in Halle.

Digitized by Google

Gedächtnifsrede

auf

JOHANN GEORG TRALLES.

[In der öffentlichen Sitzung vom 3. Julius 1826 von Hrn. Encke gelesen.]

Johann Georg Tralles wurde am 15ten Oktober 1763 zu Hamburg gebohren. Weder der Stand noch die Vermögensumstände seiner Eltern, sie nährten sich von ihrer Händearbeit, liefsen die wichtigen und ehrenvollen Beförderungen, zu denen Tralles gelangt ist, hoffen. Was er der Welt und der Wissenschaft geworden, verdankt er allein der Schärfe seines Verstandes und dem innern festen Sinne für das Rechte und Wahre, dem er sein ganzes Leben hindurch, nicht ohne manches Opfer und dem schmerzlichen Gefühl hin und wieder sein Streben verkannt zu sehen, unverbrüchlich treu geblieben ist.

In der öffentlichen Schule, die er zuerst besuchte, hatte er nicht das Glück einen Lehrer zu finden, der seine Talente zu würdigen verstand. Glücklicherweise zogen die scharfsinnigen und bestimmten Antworten des Knaben in den öffentlichen Prüfungen die Aufmerksamkeit eines der prüfenden Vorsteher in so hohem Grade auf sich, dafs dieser würdige Mann, Prediger Schumacher, nicht eher ruhte als bis er durch seine wissenschaftlichen Freunde Mittel gefunden, den jungen Tralles in eine freiere und für seine Ausbildungen vortheilhaftere Lage zu versetzen. Die freie Reichsstadt Hamburg erfreute sich damals eines Vereins von Männern, die theils durch eigene Arbeiten ihren Namen auf die Nachwelt gebracht, vielleicht indessen mehr noch der Wissenschaft wahre Dienste dadurch geleistet, dafs sie mit ächter Menschenkenntnifs, Talente, die unter dem Drucke der Umstände zu erliegen drohten, hervorzuziehen verstanden, und die Opfer, die solche Bestrebungen an Zeit und Kräften immer erfordern, ohne Prunk und Anspruch auf äufseren Schein brachten. Die dankbare Erinnerung an dieses Verdienst

um seine Entwickelung, hat Tralles bis an das Ende seines Lebens beständig erhalten, und den Familien seiner Wohlthäter auch auf der letzten Reise durch seine Vaterstadt diese Anerkennung unverholen bewiesen.

Wie schnell das Talent von Tralles unter dieser Pflege aufgeblüht ist, zeigt sich am deutlichsten daraus, dafs nachdem er kaum ein Jahr in Göttingen sich ganz dem mathematischen Studium hingegeben, der damals so sehr berühmte Kästner auf eine Anfrage von Bern aus, keinen würdigeren zu der Stelle eines Professors der Mathematik vorzuschlagen wufste als eben ihn. Aber selbst die Aussicht, auf diese Weise schneller als zu erwarten war frei von Verbindlichkeiten zu werden, die für das höher strebende Gemüth des Jünglings immer etwas Beängstigendes haben, konnte Tralles nicht von dem Wege ablenken, den er als den wahren erkannt, und er nahm diesen so günstigen Ruf nur unter der Bedingung an, dafs es ihm erlaubt sei noch längere Zeit sich darauf vorzubereiten. Dann erst nach zwei Jahren als er die innere Überzeugung seiner Tüchtigkeit hatte, ging er im Jahre 1785 nach Bern.

Wie er in diesem neuen Wirkungskreise thätig gewesen, liegt aufser den Grenzen dieser Worte. Dafs er seine Stellung, wenn sie auch vielleicht weniger seinem Genie zugesagt, mit kräftigem Geiste aufgefafst, beweist seine Herausgabe eines Lehrbuchs der Mathematik, im Jahre 1788, zu einer Zeit, wo in Deutschland besonders an solchen Lehrbüchern ein empfindlicher Mangel war. Aber wie er schon vorher in Göttingen durch die Herausgabe eines vortrefflichen physikalischen Taschenbuchs (1785) gezeigt, dafs er das Grofse der Wissenschaft zu umfassen vermöge, so fuhr er auch hier fort, nicht blofs auf die Pflichten seines Amtes sich zu beschränken. Seine Bestimmung der Höhen der bekannteren Berge von Bern im Jahre 1790, trug zur Erweiterung der geodätischen Kenntnisse so beträchtlich bei, und beurkundete zugleich den denkenden Kopf und umsichtigen Beobachter so ausgezeichnet, dafs er die Ehre hatte, zu der Versammlung der Naturforscher berufen zu werden, die in jener Zeit in Paris veranstaltet wurde, um durch alle Verfeinerungen der neueren Chemie, Physik und Mathematik, die Einheit des Längenmaafses und des Gewichtes so festzustellen, dafs sie nie wieder verloren gehen könne. Die Resultate, die man hieraus gefunden, sind zu bekannt, als dafs sie hier erwähnt zu werden brauchten; den Antheil, den jeder Anwesende daran gehabt, zu bestimmen, liegt vielleicht aufser der Möglichkeit menschlicher Einsicht, dafs aber Tralles unter

die gehörte, die auf Form und Genauigkeit hauptsächlichen Einfluſs gehabt, kann dem wohl nicht entgehen, der den Gang der Entwickelung dieses Zweiges der Mathematik aufmerksam verfolgt.

Auch nach seiner Rückkehr zog diese Anwendung der Mathematik Tralles hauptsächlich an, und wir verdanken ihm die genaue Aufnahme eines Theiles der Schweiz, die, ohne seinen Namen zu nennen, bei den specielleren Charten derselben benutzt ist. Eben diese Beschäftigungen in dem Fürstenthum Neufchatel, setzten ihn in unmittelbare Berührung mit dem Preufsischen Staate, und veranlafsten im Jahre 1804 seine Berufung in unseren Akademischen Verein.

Von dieser Zeit an hat Tralles seine Kräfte einzig und ungetrennt dem Preufsischen Staate und der Wissenschaft gewidmet, und als Geschäftsmann, Lehrer und Schriftsteller, seine Kenntnisse und Erfahrungen auf die mannigfachste Weise in Anwendung gebracht. Es dürfte hier nicht der Ort sein von dem zu reden, was er als Mitglied mehrerer der wichtigsten Behörden unseres Staates gethan und geschaffen. Seine Verdienste müssen bei den Augenzeugen seiner Thätigkeit in zu frischem Andenken sein, als dafs es nicht überflüssig wäre ihrer weitläuftiger zu erwähnen, und überdem ist diese Thätigkeit nicht gerade die, welche in einzelnen hervorstechenden Merkmalen sich so äufsert, dafs sie in jedem speciellen Falle sich in Worten darstellen liefse.

In wissenschaftlicher Hinsicht hat Tralles sowohl in der reinen Mathematik im weitesten Umfange des Wortes, als auch in der angewandten, besonders unsere Akademischen Denkschriften mit einer Reihe der trefflichsten Abhandlungen bereichert.

Wenn es überhaupt schwer ist, und nur dem Meister gelingt, von so abstrakten Gegenständen wie die höhere Analyse darbietet, in wenigen Worten den eigentlichen Geist herauszuheben, so kann man ohne dem Werth der Arbeiten von Tralles im mindesten zu nahe zu treten, wohl aussprechen, dafs die ihm eigenthümliche Behandlungsart diese Darstellung noch erschwert. Sein Genie führt ihn in diesem Theile der Wissenschaft mehr zu einer neuen Ansicht und Entwickelung der Begriffe hin, so dafs nicht der Gegenstand der meisten derselben den eigentlichen hohen Werth ausmacht, als vielmehr der durch das Ganze durchgeführte Gang, und man sich sehr irren würde, wenn man aus dem angegebenen Inhalte ihre Wichtigkeit beurtheilen wollte.

Eben deshalb kann man sie recht eigentlich Akademische Abhandlungen nennen, wenn man unter diesem Begriffe solche Arbeiten versteht, die zum Selbstdenken auffordern, in denen für den wirklichen Forscher der Stoff zu neuen Ansichten und Entwickelungen liegt, durch das Beispiel, wie ein scharfsinniger Kopf auch bekanntere Gegenstände von einer neuen und bisher unbeachteten Seite aufzufassen weifs. Hieher gehören vorzüglich die Abhandlungen *über die Winkelfunktionen aus rein analytischem Gesichtspunkte,* so wie die *analytische Betrachtung ebener und sphärischer Dreiecke und deren Analogie.* In Verbindung mit der ersteren steht die *Ableitung der Summen einiger Reihen* in dem Bande für 1814 und 1815. So wie überhaupt die Lehre von den Reihen durch die Abhandlungen *von den Werthen der Producte zu bestimmten Summen der Zeigezahlen ihrer Faktoren* und *von den Reihen, deren Coefficient nach den Sinus und Cosinus vielfacher Winkel* fortschreiten, mehrere wichtige Ansichten und Erweiterungen erhalten hat.

So wie alle den Vorzug der gründlichen und originellen Behandlung theilen, so hat die Abhandlung von den wiederholten Funktionen aufserdem noch das Verdienst, eine neue Classe von Funktionen in die Analysis eingeführt zu haben, die durch einige englische Analysten neuerdings wieder aufgenommen ist. Tralles Abhandlung geniefst des Vorzugs, den allgemeinsten Gesichtspunkt genommen zu haben, und eben deswegen eine sehr grofse Reichhaltigkeit in sich zu schliefsen.

Es kann hier nicht die Absicht sein, alle in dieses Fach einschlagende Untersuchungen aufzuführen. Das aber verdient wohl hervorgehoben zu werden, dafs in Allen ein gemeinsamer Zusammenhang herrscht, der, wenn er auch nicht immer in bestimmten Citaten nachgewiesen werden kann, doch, wenn man sie gemeinschaftlich übersieht, deutlich gefühlt wird. Und dieser Zusammenhang mufste statt finden bei einem Manne von Tralles hervorstechender mathematischen Kraft, der in jedem Theile der Mathematik bekannt und zu Hause, nie ungewifs sein konnte, wo die eigentliche Stärke oder Schwäche des bisher vorhandenen liege, sondern vielleicht nur die Verlegenheit des Reichthums kannte, welches Einzelne er aus dem Ganzen seiner Ideen zu jeder bestimmten Zeit herauszuheben habe.

Eben dieser Zusammenhang spricht sich auch in den Arbeiten von Tralles aus, die der angewandten Mathematik angehören, und fast möchte

man bedauern, dafs seine Stellung ihm nicht erlaubte ungetheilt sich derselben zu widmen. Die Verbindung der gründlichen Theorie mit diesem hervorragenden praktischen Talente, würde unstreitig die schönsten Früchte getragen haben, und die Geschicklichkeit mit der Tralles auch bei ungünstigen örtlichen Verhältnissen mehr und vollkommneres mit seinen schwächeren Instrumenten leistete, als manche Andere besser versehene und unterstützte, läfst aufserdem noch auf eine Vorliebe von seiner Seite zu diesem Zweige der Mathematik schliefsen, die bei einem Manne von Tralles Selbstkenntnifs, von vorzüglichem inneren Beruf dazu zeugt.

Mehrere auf einander folgende Abhandlungen haben die Aräometrie zum Gegenstande. In der ersten, welche *eine besondere Methode, die Ausdehnung der Körper durch die Wärme zu messen* betrifft, verdient ganz vorzüglich herausgehoben zu werden, die einfache und den ächten Stempel des Genies tragende Methode, einen in der Physik höchst wichtigen Punkt, den Punkt der gröfsten Dichtigkeit des Wassers zu bestimmen. Die zweite *über die Senkwage*, oder auch die dreiarmige Wage, wie Tralles sie nennt, giebt der Physik ein neues Mittel, vermittelst hydrostatischer Grundsätze schnell und sicher Gewichtsbestimmungen zu machen. Vielleicht möchte auch die in derselben angedeutete Idee, vermittelst ihrer einen Aufhängungspunkt für feinere Drehungen zu bilden, noch für andere Theile der Physik zu höherer Genauigkeit führen.

Der fortgesetzten Beschäftigung mit diesem Gegenstande so lange bis er sich selbst darin genügt hatte, verdankt Tralles das Glück auch auf die bürgerliche Geschäfte dauernden Einflufs erlangt zu haben, und in dem Munde derer fortzuleben, welche seine übrigen Verdienste vermöge der verschiedenen Richtung ihrer Thätigkeit, nicht zu erkennen vermögen.

Mit noch mehr Liebe, und man möchte sagen mit einer durch das ganze Leben durchgehenden Anhänglichkeit, umfafste Tralles die geodätischen Messungen. Wenn man die rein analytischen und die aräometrischen Abhandlungen ausschliefst, so haben alle übrigen, deren Zahl nicht gering ist, entweder unmittelbaren oder mittelbaren Zusammenhang mit diesem Theile der angewandten Mathematik, denn auch die thermometrischen Bestimmungen *über mittlere Wärme und Erwärmung der Erde von der Sonne* greifen hier ein. Nicht lange vor Tralles Eintritt in die Schweiz war man auf die Anomalien in der terrestrischen Refraction aufmerksam geworden,

die nicht wie bei einem regelmäfsigen Verhalten der Atmosphäre es sein sollte, der Gröfse des terrestrischen Bogens proportional gesetzt werden kann. Der günstige Standpunkt in einem gebirgigen, weite Aussicht darbietenden Lande, veranlafste Tralles schon im Jahre 1790, unter dem Titel einer *Höhenbestimmung der Berge Berns*, eine kleine aber höchst gehaltvolle Schrift herauszugeben, in der sich aufser einer mit geringen Mitteln genau und sorgfältig ausgeführten Basismessung und der theoretischen Entwickelung der nöthigen Correctionen, die Grundlage zu einer späteren ausgedehnteren Arbeit über terrestrische Refraction befindet. In dieser zweiten Abhandlung *über atmosphärische Refraction der Lichtstrahlen irdischer Gegenstände*, entwickelt Tralles näher die einzelnen Bedingungen, und löst das früher gemeinsam umfafste in seine einzelnen Elemente auf. Er zeigt und belegt alles mit Erfahrungen, wie die Erhöhung des Standpunktes, die gröfsere oder geringere Nähe der Oberfläche der Erde längst der der Lichstrahl hingeht, die Tagesstunde, die barometrische thermo- und hygrometrische Beschaffenheit der Luft und die, man mögte sagen, Constitution des ganzen Tages eben so viele Änderungen hervorbringen, und indem sie von localen Umständen grofsentheils abhängen, der reinen Theorie die gröfsten und kaum zu besiegenden Hindernisse in den Weg legen. Obgleich die am Ende ausgesprochene theoretische Entwickelung nicht gegeben ist, vielleicht auch nach unserem jetzigen Standpunkte nicht gegeben werden kann, so kann man als die Frucht seines Nachdenkens darüber, die *meteorologischen* Abhandlungen ansehen, und auf ähnliche Weise setzte er in der Abhandlung *über Aufgaben bei gröfsern trigonometrischen Messungen* das fort, was er in seiner Schrift von Bern aus zur Berechnung und Verbindung der Dreiecke angedeutet hatte. Es gebührt ihm hier das Verdienst, die Theorie zur Praxis frei von Künsteleien anwendbar gemacht, und den Fehler vermieden zu haben, in den andere Werke verfallen sind, welche aus Vorliebe für eine bestimmte Art der Entwickelung, diese bis zum Übermafs übertrieben. Besonders war Tralles, so viel mir bekannt, der erste, der auf den theoretischen, wenn auch in der Praxis nicht sehr merklichen Fehler aufmerksam gemacht hat, den man durch den Umweg der Meridian- und Perpendikelabstände begeht, und so wohl hier als in einer späteren Abhandlung über geodätische Bestimmungen, führte er das Problem auf die ursprünglich von der Erfahrung gegebenen Data zurück.

Endlich kann man auch seine letzte Reise, die ihn uns entriſs, als hervorgehend aus diesem, mit so inniger Liebe umfaſsten Zweige, ansehen. Wie er schon früher in Auftrag der Akademie nach München wegen mehrerer Instrumente und nach Cuxhaven wegen der merkwürdigen Sonnenfinsterniſs gereiſst war, über deren Eigenthümlichkeit er einen höchst belehrenden Aufsatz gegeben, so ging er auch im Jahre 1822 nach England zur Besorgung eines Pendelapparats. Die in dem vorigen Jahrhunderte so eifrig und besonders in Frankreich aufgefaſste Idee durch Gradmessungen die Gestalt der Erde aus einzelnen gemessenen Bogen zu finden, hatte zu der Bemerkung geführt, daſs die vorkommenden Irregularitäten für diese Art der Bestimmung zu groſs waren, um als ächte Grundlage eines festen Maafses dienen zu können. In neuern Zeiten hat man angefangen sich mehr zu den Pendelversuchen hinzuneigen, die bei ihrer kleinen Basis indessen, die höchste Genauigkeit, und bis jetzt meistens einen identischen an mehreren Orten in Anwendung gebrachten Apparat verlangen. Tralles kannte vollkommen die Schwierigkeiten, er glaubte deswegen nur dann den wahren wissenschaftlichen Zweck erreichen zu können, wenn er selbst mit seiner eigenen Kritik den nöthigen Apparat unter seinen Augen entstehen sähe. Im Juni 1822 reiste er ab, in der frohen Aussicht, seinen Wohnort in Verbindung mit dem bisher am sichersten bestimmten Punkte zu setzen. Es war ihm nicht vergönnt das Werk durchzuführen. Eine plötzliche Krankheit, die er nicht auf das entfernteste geahndet zu haben scheint, überraschte ihn in der vollen Thätigkeit. In der Nacht vom 18. und 19. Novbr. 1822 verschied er zu London fern von seinen nächsten Angehörigen, fern von Allen, mit denen er während achtzehn Jahre durch die engsten Bande der Achtung, Freundschaft und des gemeinsamen Berufes verbunden war.

Abhandlungen

der

physikalischen Klasse

der

Königlichen

Akademie der Wissenschaften

zu Berlin.

Aus dem Jahre

1826.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königl. Akademie
der Wissenschaften.

1829.

In Commission bei F. Dümmler.

Digitized by Google

Inhalt.

Hermbstädt: Versuche und Beobachtungen über den Einflufs der Düngungsmittel auf die Erzeugung der nähern Bestandtheile der Getreidearten ....Seite 1
Derselbe: Versuche und Beobachtungen über die chemische Zergliederung des Kanonenmetalls ..... - 21
Karsten über die Veränderungen, welche die Festigkeit des Eisens durch geringe Beimischungen erleidet ..... - 29
Lichtenstein: Die Werke von Marcgrave und Piso über die Naturgeschichte Brasiliens, erläutert aus den Original-Abbildungen ..... - 49
Link über die ältere Geschichte der Getreidearten ..... - 67
Rudolphi über das Fehlen einzelner Theile in sonst ausgebildeten Organismen .... - 83
Weiss: Weiterer Verfolg des Lehrsatzes über die Theilung des Dreiecks ..... - 93
Alexander v. Humboldt: Bericht über die Naturhistorischen Reisen der Herren Ehrenberg und Hemprich ..... - 111

Verbesserung.

Die Titelzeile und Columnentitel der Abhandlung Seite 67 bis 82, sind zu lesen: *über die ältere Geschichte der Getreidearten.*

Versuche und Beobachtungen

über

den Einfluſs der Düngungsmittel, auf die Erzeugung der nähern Bestandtheile der Getreidearten.

Zweite Abtheilung.

Von

H^rn. SIGISM. FRIEDR. HERMBSTÄDT.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 20. April 1826.]

In einer am 22. Julius 1824 vorgelesenen Abhandlung (*) habe ich die Resultate derjenigen Versuche mitgetheilt, welche über den Einfluſs der verschiedenen Düngerarten auf die Erzeugung der näheren Bestandtheile des Weizens von mir angestellt worden sind.

Die gegenwärtige Vorlesung hat den Zweck, die Resultate meiner, auf völlig gleiche Weise und mit denselben Düngerarten, mit Roggen, mit Gerste und mit Hafer angestellten Arbeiten zu erörtern. Sie sind vollkommen geeignet, es zu begründen: daſs während die näheren Bestandtheile oder vielmehr Gemengtheile der Cerealien, in qualitativer Hinsicht, gleichsam durch sich selbst gegeben sind, solche in quantitativer Hinsicht sehr verschieden ausfallen können, wenn die Grundmischung der ihnen zur Ernährung und Ausbildung dargebotenen Düngungsmittel mehr in die vegetabilische oder in die animalische Natur übergeht: d. i. je mehr der Kohlenstoff oder der Stickstoff unter den bildenden chemischen Elementen derselben vorwaltet.

(*) Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, aus dem Jahre 1824. Berlin 1826. p. 57 ff.

Versuche mit Roggen.

Von den mannigfaltigen Arten und Varietäten des Roggens, welche die Landwirthe zu unterscheiden pflegen (*), wurde der gemeine Winterroggen, und zwar der sogenannte Staudenroggen, zu meinen Versuchen gewählt.

Die Aussaat der zu meinen Versuchen bestimmten Körner geschah im freien Felde, auf besonders dazu abgetheilten Beeten, jedes von 100 Quadratfuſs Flächenraum. Jedes einzelne Beet war mit 25 Pfund der früher beim Weizen gebrauchten Düngungsmittel, im trocknen Zustande berechnet, vorbereitet worden.

Die Beete wurden im Frühjahr umgegraben, und der Dünger gleichförmig untergebracht. Die Aussaat der Körner geschah im darauf folgenden Herbst, im Anfange des Octobers, und zwar in Reihen, 5 Zoll tief. Jedes einzelne Beet erhielt 16 Loth Körner. Nach der im folgenden Sommer darin gemachten Ernde, ergeben sich folgende Resultate.

Es wurden an ausgedroschnen Körnern gewonnen:

a) Von dem mit Schaafmist gedüngten Boden, $6\frac{1}{2}$ Pfund, also das Dreizehnte Korn.

b) Von dem mit Ziegenmist gedüngten Boden, $6\frac{1}{4}$ Pfund, also etwas weniger.

c) Von dem mit Pferdemist gedüngten Boden $5\frac{1}{2}$ Pfund, also das Eilfte Korn.

d) Von dem mit Kuhmist gedüngten Boden, $4\frac{1}{2}$ Pfund, also das Neunte Korn.

e) Von dem mit Menschenkoth gedüngten Boden, $6\frac{3}{4}$ Pfund, also etwas mehr als das Dreizehnte Korn.

(*) Zu den oben gedachten verschiedenen Arten und Varietäten rechne ich 1) den Staudenroggen (*Secale cereale multicaule*); 2) Den Astrachanschen Roggen; 3) den aus Archangel; 4) den aus der Wallachei; 5) den aus Taurien; 6) den aus Norwegen; 7) den Ägyptischen; 8) das Sanct Peterskorn. Welche von jenen verschiedenen Sorten des Roggens als Arten, und welche als Varietäten anerkannt werden müssen? auch ob ein wesentlicher Unterschied zwischen Winterroggen und Sommerroggen begründet werden kann? verdient von Botanikern näher bestimmt zu werden.

f) Von dem mit Taubenmist gedüngten Boden, $4\frac{1}{2}$ Pfund, also das Neunte Korn.

g) Von dem mit Menschenharn gedüngten Boden, $6\frac{1}{2}$ Pfund, also das Dreizehnte Korn.

h) Von dem mit trocknem Rindsblut gedüngten Boden, 7 Pfund, also das Vierzehnte Korn.

i) Von dem mit Pflanzenerde gedüngten Boden, 3 Pfund, also das Sechste Korn.

k) Von dem nicht gedüngten Boden, 2 Pfund, also das Vierte Korn.

Zur Ausmittlung der proportionalen Verhältnisse der nähern Bestand- oder Gemengtheile des aus jenen zehn Versuchen hervorgegangnen Roggens, wurde jede einzelne Sorte, nach der früher von mir angegebnen Methode (*) zergliedert. Jene Zergliederungen geben folgende Resultate.

1. 5000 Gewichtstheile des mit trocknem Rindsblut kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	504	Theile.
Hülsensubstanz	540	—
Kleber	600	—
Amylon	2612	—
Öl	50	—
Eiweifsstoff	180	—
Schleimzucker	180	—
Gummiartigen Schleim	310	—
Sauren phosphorsauren Kalk	40	—
Verlust	4	—
	5000	—

2. 5000 Gewichtstheile des mit Menschenkoth kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	500	Theile.
Hülsensubstanz	536	—

(*) Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften aus den Jahren 1816 und 1817. Berlin, 1819. S. 39. u. s. w.

Kleber	598	—
Amylon	2620	—
Öl	45	—
Eiweifsstoff	160	—
Schleimzucker	178	—
Gummiartigen Schleim	313	—
Sauren phosphorsauren Kalk	45	—
Verlust	5	—
	5000	—

3. 5000 Gewichtstheile des mit Schaafmist kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	500	Theile.
Hülsensubstanz	544	—
Kleber	598	—
Amylon	2616	—
Öl	54	—
Eiweifsstoff	170	—
Schleimzucker	180	—
Gummiartigen Schleim	304	—
Sauren phosphorsauren Kalk	30	—
Verlust	4	—
	5000	—

4. 5000 Gewichtstheile des mit Ziegenmist kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	501	Theile.
Hülsensubstanz	544	—
Kleber	599	—
Amylon	2612	—
Öl	49	—
Eiweifsstoff	172	—
Schleimzucker	174	—
Gummiartigen Schleim	300	—

Sauren phosphorsauren Kalk	43	—
Verlust	6	—
	5000	—

5. 5000 Gewichtstheile des mit trocknem Menschenharn kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	505	Theile.
Hülsensubstanz	540	—
Kleber	600	—
Amylon.	2510	—
Öl	54	—
Eiweifsstoff	178	—
Schleimzucker	168	—
Gummiartigen Schleim	230	—
Sauren phosphorsauren Kalk	209	—
Verlust	6	—
	5000	—

6. 5000 Gewichtstheile des mit Pferdemist kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	500	Theile.
Hülsensubstanz	537	—
Kleber	599	—
Amylon.	2560	—
Öl	49	—
Eiweifsstoff	140	—
Schleimzucker	200	—
Gummiartigen Schleim	230	—
Sauren phosphorsauren Kalk	179	—
Verlust	6	—
	5000	—

7. 5000 Gewichtstheile des mit Taubenmist kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	504	Theile.
Hülsensubstanz	525	—
Kleber	580	—

Amylon	2610	—
Öl	48	—
Eiweifsstoff	185	—
Schleimzucker	188	—
Gummiartigen Schleim	238	—
Sauren phosphorsauren Kalk	118	—
Verlust	4	—
	5000	—

8. 5000 Gewichtstheile des mit Kuhmist kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	500	Theile.
Hülsensubstanz	520	—
Kleber	540	—
Amylon	2715	—
Öl	45	—
Eiweifsstoff	100	—
Schleimzucker	196	—
Gummiartigen Schleim	285	—
Sauren phosphorsauren Kalk	91	—
Verlust	8	—
	5000	—

9. 5000 Gewichtstheile des mit Pflanzenerde kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	499	Theile.
Hülsensubstanz	536	—
Kleber	440	—
Amylon	2756	—
Öl	45	—
Eiweifsstoff	130	—
Schleimzucker	240	—
Gummiartigen Schleim	260	—
Sauren phosphorsauren Kalk	88	—
Verlust	6	—
	5000	—

10. 5000 Gewichtstheile des im nicht gedüngten Boden kultivirten Roggens, haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	500	Theile.
Hülsensubstanz	505	—
Kleber	430	—
Amylon	2814	—
Öl	45	—
Eiweifsstoff	129	—
Schleimzucker	236	—
Gummiartigen Schleim	270	—
Sauren phosphorsauren Kalk	65	—
Verlust	6	—
	5000	—

Aus den Resultaten dieser Untersuchungen gehet hervor, dafs die nähern Bestandtheile oder Gemengtheile im Roggen, zwar dieselben sind wie im Weizen; rücksichtlich der proportionalen Verhältnisse derselben differiren dieselben aber, je nachdem der zur Kultur gebrauchte Dünger mehr der animalischen oder der vegetabilischen Grundmischung sich näherte: d. i. je nachdem der Stickstoff oder Kohlenstoff unter seinen chemischen Elementen vorwaltete.

Was hingegen die Beschaffenheit jener Gemengtheile betrifft, so weichen sie von denen aus dem Weizen geschiedenen, mehr oder weniger ab. Das Amylon ist weniger weifs, seine Farbe ziehet sich mehr in die gelbe hin. Der Kleber ist weniger zähe; der Zucker ist gar nicht zum Erstarren geneigt. Der gummiartige Schleim nähert sich mehr der Pflanzengallerte als dem Gummi.

Bei meinen Analysen des Roggens sind, wie früher beim Weizen, die ganzen Körner, nicht das daraus bereitete Mehl, der Arbeit unterworfen worden; wie Letzteres Einhof und einige andere Chemiker gethan haben, die sich mit der Analyse des Roggens beschäftigten. Die Resultate ihrer Analysen müssen daher nothwendig von denen der meinigen bedeutend abweichen: weil in der Kleye, die nach der Absonderung des Mehls übrig bleibt, Materien zurück bleiben müssen, die der Analyse entgingen.

Scheidet man Kleber und Amylon aus dem Roggenmehl, selbst dem zartesten: so zeigt sich dennoch das Amylon stets verschieden von demjenigen, welches durch bloſses Auskneten der im Wasser erweichten Körner gewonnen worden ist. Das Letztere ist im siedenden Wasser vollkommen lösbar; das Erstere läſst eine faserige, nicht im Wasser lösbare, Substanz zurück.

Bei dem jetzt so groſsen Hange, neue Stoffe zu entdecken, würde man jener im heiſsen Wasser nicht lösbaren Materie den Namen Secaline beilegen können. Sie ist aber durchaus kein eigenthümliches Wesen, sondern besteht bloſs in Pflanzenfasern, die beim Mahlen des Roggens auf der Mühle, Seitens eines Theils der Hülse, mit in das Mehl übergegangen ist. Bei mehreren Analysen des Mehls habe ich sogar Kiesel darin gefunden, die ohnfehlbar von den Mühlsteinen abgerissen worden waren.

Versuche mit Gerste.

Die Gerste verdient wegen ihres vorzüglichen Gebrauches in der Bierbrauerei, so wie in der Brandtweinbrennerei, eine ganz besondere Beachtung. Ihr Genuſs im enthülseten Zustande, in Form der Graupen, verdient nicht weniger beachtet zu werden.

Auch von dieser Getreideart werden mehrere Arten und Varietäten gebauet, wie z. B. 1. Die russische blaue Wintergerste (*Hordeum vulgare nigrum*). 2. Die türkische Pfauengerste (*Hordeum zeocriton*); eine Sommerfrucht. 3. Die gemeine Gerste (*Hordeum vulgare*); welche in die groſskörnige und in die kleinkörnige zerfällt. Beide Arten sind diejenigen welche am häufigsten kultivirt, und auch am häufigsten verarbeitet werden. 4. Die groſse zweizeilige nackte Himmelsgerste (*Hordeum distichion nudum*); eine Sommer- und Winterfrucht. 5. Die kleine nackte Himmelsgerste (*Hordeum nudum coeleste*); eine Sommerfrucht.

Zu meinen Untersuchungen wurde die gemeine kleinkörnige Gerste gewählt. Da es auch hier, wie bei dem Weizen und bei dem Roggen, der Zweck war, den Einfluſs der verschiedenen Düngerarten auf die Produktion der nähern Bestandtheile kennen zu lernen: so wurde

der Anbau derselben mit den neun verschiedenen Düngerarten und in gleichen Massen derselben veranstaltet, die beim Weizen und beim Roggen gebraucht worden sind.

Von Sechzehn Loth Körner-Aussaat, welche jedes Beet erhalten hatte, wurde an Körnerertrag gewonnen:

a) Von der Düngung mit Schaafmist, 8 Pfund, also das Sechzehnte Korn.

b) Vom Ziegenmist, $7\frac{1}{2}$ Pfund, also das Funfzehnte Korn.

c) Vom Pferdemist, $6\frac{1}{2}$ Pfund, also das Dreizehnte Korn.

d) Vom Kuhmist, $5\frac{1}{2}$ Pfund, also das Eilfte Korn.

e) Vom Menschenkoth, $6\frac{1}{2}$ Pfund, also das Dreizehnte Korn.

f) Vom Taubenmist, 5 Pfund, also das Zehnte Korn.

g) Vom trocknen Menschenharn, $6\frac{3}{4}$ Pfund, also mehr als das Dreizehnte Korn.

h) Vom trocknen Rindsblut, 8 Pfund, also das Sechzehnte Korn.

i) Von der Pflanzenerde, $3\frac{1}{2}$ Pfund, also das Siebente Korn.

k) Von dem nicht gedüngten Boden, 2 Pfund, also das Vierte Korn.

Die mit jenen verschiedenen Düngerarten kultivirte Gerste hat bei der damit angestellten chemischen Zergliederung folgende Resultate dargeboten.

1. 5000 Gewichtstheile der mit trocknem Rindsblut kultivirten Gerste hat an näheren Bestandtheilen oder Gemengtheilen geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	520	Theile.
Hülsensubstanz	680	—
Kleber	286	—
Amylon	2997	—
Öl	20	—
Eiweifsstoff	20	—
Schleimzucker	230	—
Gummiartigen Schleim	220	—
Sauren phosphorsauren Kalk	19	—
Verlust	8	—
	5000	—

2. 5000 Gewichtstheile der mit trocknem Menschenkoth kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	518	Theile.
Hülsensubstanz	679	—
Kleber	290	—
Amylon	2980	—
Öl	25	—
Eiweifsstoff	28	—
Schleimzucker	225	—
Gummiartigen Schleim	218	—
Sauren phosphorsauren Kalk	30	—
Verlust	7	—
	5000	—

3. 5000 Gewichtstheile der mit Schaafmist kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	518	Theile.
Hülsensubstanz	678	—
Kleber	288	—
Amylon	2998	—
Öl	20	—
Eiweifsstoff	20	—
Schleimzucker	232	—
Gummiartigen Schleim	222	—
Sauren phosphorsauren Kalk	18	—
Verlust	6	—
	5000	—

4. 5000 Gewichtstheile der mit Ziegenmist kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	520	Theile.
Hülsensubstanz	677	—
Kleber	288	—
Amylon	2996	—
Öl	22	—

Eiweifsstoff	20	—
Schleimzucker	230	—
Gummiartigen Schleim	224	—
Sauren phosphorsauren Kalk	17	—
Verlust	6	—
	5000	—

5. 5000 Gewichtstheile der mit trocknem Menschenharn kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	518	Theile.
Hülsensubstanz	679	—
Kleber	295	—
Amylon	2979	—
Öl	20	—
Eiweifsstoff	28	—
Schleimzucker	221	—
Gummiartigen Schleim	220	—
Sauren phosphorsauren Kalk	34	—
Verlust	6	—
	5000	—

6. 5000 Gewichtstheile der mit Pferdemist kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	520	Theile.
Hülsensubstanz	678	—
Kleber	285	—
Amylon	2988	—
Öl	22	—
Eiweifsstoff	23	—
Schleimzucker	230	—
Gummiartigen Schleim	226	—
Sauren phosphorsauren Kalk	22	—
Verlust	6	—
	5000	—

7. 5000 Gewichtstheile der mit Taubenmist kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	520	Theile.
Hülsensubstanz	678	—
Kleber	283	—
Amylon	2990	—
Öl	23	—
Eiweifsstoff	22	—
Schleimzucker	232	—
Gummiartigen Schleim	226	—
Sauren phosphorsauren Kalk	19	—
Verlust	7	—
	5000	—

8. 5000 Gewichtstheile der mit Kuhmist kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	540	Theile.
Hülsensubstanz	680	—
Kleber	166	—
Amylon	3097	—
Öl	15	—
Eiweifsstoff	10	—
Schleimzucker	240	—
Gummiartigen Schleim	229	—
Sauren phosphorsauren Kalk	15	—
Verlust	8	—
	5000	—

9. 5000 Gewichtstheile der mit Pflanzenerde kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	540	Theile.
Hülsensubstanz	682	—
Kleber	146	—
Amylon	3112	—

Öl	10	—
Eiweifsstoff	9	—
Schleimzucker	248	—
Gummiartigen Schleim	239	—
Sauren phosphorsauren Kalk	6	—
Verlust	8	—
	5000	—

10. 5000 Gewichtstheile der im nicht gedüngten Boden kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	542	Theile.
Hülsensubstanz	680	—
Kleber	144	—
Amylon	3124	—
Öl	8	—
Eiweifsstoff	6	—
Schleimzucker	249	—
Gummiartigen Schleim	238	—
Sauren phosphorsauren Kalk	5	—
Verlust	4	—
	5000	—

Es bestätigt sich auch hier, dafs die Masse der rein vegetabilischen Gemengtheile, nämlich Amylon, Schleimzucker und Gummi, vorwaltend erscheint, so wie die Düngungsmittel, mit denen die Gerste kultivirt wird, der vegetabilischen Grundmischung näher treten; dafs dagegen die Gemengtheile derselben von mehr animalischer Natur, der Kleber, das Eiweifs und der phosphorsaure Kalk, mit dem Gehalte an stickstoffhaltigen Materien, in den zur Kultur gebrauchten Düngerarten, in einem entsprechenden Verhältnifs stehen.

Da aber aus allen Resultaten der mit der Gerste angestellten Analysen hervorgehet, dafs, mit denselben Düngerarten und in gleichen Massen kultivirt, wie solches beim Weizen und beim Roggen geschehen war, der Gehalt an Kleber bei dem Roggen, so wie bei der Gerste, bedeutend geringer ausfällt, wie bei dem Weizen: so scheint daraus hervorzugehen,

daſs die beiden letzt genannten Getreidearten weniger dazu geeignet sind, Stickstoff aus den Düngerarten aufzunehmen, dagegen sich mehr an den Kohlenstoff zu halten.

Selbst in der Grundmischung scheint der Kleber aus der Gerste, von dem aus dem Weizen und dem aus dem Roggen geschiedenen, bedeutend zu differiren, indem er weniger zähe, weniger gerinnbar in der Hitze, und leichter mengbar mit Wasser ist.

Die Hordeine oder Cevadine, welche Proust (*) bei seiner Zergliederung des Gerstenmehls in selbigem entdeckt hat, habe ich bei der von mir gewählten Methode der Zergliederung nicht wahrnehmen können; dagegen eine nach Proust's Methode von mir angestellte Zergliederung des Gerstenmehls mir die Hordeine wirklich dargeboten hat.

Bei einer nähern Untersuchung dieser sogenannten Hordeine habe ich mich indessen überzeugt, daſs das, was Proust mit jenem Namen bezeichnet, in der That nichts anders ist als Hülsensubstanz, die sich dem Mehl mitgetheilt hatte, also keinesweges als ein Stoff eigner Art anerkannt werden darf.

Da aber der Kleber, welchen der Weizen darbietet, von dem aus dem Roggen, und dieser wieder von dem aus der Gerste sich fast wesentlich unterscheidet: so wage ich den Vorschlag zu machen, den Ersten mit dem Namen Triticine, den Zweiten mit dem Namen Secaline, und den Dritten mit dem Namen Hordeine zu bezeichnen.

Versuche mit Hafer.

Von dem Hafer (*Avena*) werden durch die Landwirthe sehr verschiedene Sorten kultivirt, von denen noch näher zu bestimmen sein dürfte, welche als Arten und welche als Varietäten zu betrachten sind.

Es gehören hieher, auſser dem gemeinen Hafer (*Avena sativa*); der Getreide- oder Sandhafer (*Avena strigosa*); der Orientalische Fahnenhafer (*Avena orientalis*); der gelbliche Frühhafer (*Avena Georgiana*); der Amerikanische Hafer; der Engländische Hafer; der Podolische Hafer; der Norwegische Hafer; der Sibirische Früh-

(*) *Annales de Chimie et de Physique,* Tom. V. p. 339 *suiv.*

hafer; der Pensylvanische kleine Entenhafer, und der Orientalische nackte Grützhafer.

Zu meinen Untersuchungen wurde der am häufigsten gebauete gemeine Hafer angewendet. Seine Kultur geschah ganz auf dieselbe Weise und mit denselben Düngerarten, wie solche bei dem Weizen, dem Roggen und der Gerste näher erörtert worden sind. Auch hier zeigte sich der Körnerertrag von einer sich gleich bleibenden Masse des ausgesäeten Hafers sehr verschieden, sowohl in der Quantität, als rücksichtlich des proportionalen Verhältnisses der Gemengtheile.

Der Anbau des Hafers geschahe mit denselben Düngerarten, welche zu den früher erörterten Getreidearten verwendet wurden, und in gleichen Gewichtsmassen. Zum Einsäen wurden für jede Fläche des Bodens 20 Loth Hafer verwendet. Die Resultate ergaben sich im Folgenden.

Von 20 Loth Haferkörnern, welche jedes Beet zur Aussaat erhalten hatte, wurde an Ertrag gewonnen:

a) Von der Düngung mit Schaafmist wurden gewonnen $8\frac{3}{4}$ Pfund; also das Vierzehnte Korn.

b) Von der Düngung mit Ziegenmist wurden gewonnen $9\frac{3}{8}$ Pfund; also das Funfzehnte Korn.

c) Von der Düngung mit Pferdemist wurden gewonnen $8\frac{3}{4}$ Pfund; also das Vierzehnte Korn.

d) Von der Düngung mit Kuhmist wurden gewonnen 10 Pfund; also das Sechzehnte Korn.

e) Von der Düngung mit trocknem Menschenkoth wurden gewonnen $9\frac{1}{16}$ Pfund; also Vierzehn und ein halbes Korn.

f) Von der Düngung mit Taubenmist wurden gewonnen $7\frac{1}{2}$ Pfund; also das Zwölfte Korn.

g) Von der Düngung mit trocknem Menschenharn wurden gewonnen $8\frac{1}{8}$ Pfund, also das Dreizehnte Korn.

h) Von der Düngung mit trocknem Rindsblut wurden gewonnen $7\frac{13}{16}$ Pfund; also Zwölf und ein halbes Korn.

i) Von der Düngung mit Pflanzenerde wurden gewonnen $8\frac{1}{8}$ Pfund; also das Dreizehnte Korn.

k) Von dem nicht gedüngten Boden wurden gewonnen $3\frac{1}{8}$ Pfund; also das Fünfte Korn.

Die chemische Zergliederung der gewonnenen Körner wurde nach derselben Weise veranstaltet, wie bei den früher genannten Getreidearten, und gab folgende Resultate:

1. 5000 Gewichtstheile des mit trocknem Rindsblut kultivirten Hafers lieferten an nähern Bestandtheilen oder Gemengtheilen.

Natürliche Feuchtigkeit	600	Theile.
Hülsensubstanz	965	—
Kleber	250	—
Amylon	2655	—
Öl	15	—
Eiweifsstoff	20	—
Schleimzucker	190	—
Gummiartigen Schleim	275	—
Saure phosphorsaure Salze	20	—
Verlust	10	—
	5000	—

2. 5000 Gewichtstheile des mit trocknem Menschenkoth kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	605	Theile.
Hülsensubstanz	962	—
Kleber	230	—
Amylon	2665	—
Öl	18	—
Eiweifsstoff	22	—
Schleimzucker	192	—
Gummiartigen Schleim	270	—
Saure phosphorsaure Salze	25	—
Verlust	11	—
	5000	—

3. 5000 Gewichtstheile des mit Schaafmist kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	630	Theile.
Hülsensubstanz	364	—
Kleber	200	—

Amylon	2700	—
Öl	15	—
Eiweifsstoff	24	—
Schleimzucker	260	—
Gummiartigen Schleim	275	—
Saure phosphorsaure Salze	23	—
Verlust	9	—
	5000	—

4. 5000 Gewichtstheile des mit Ziegenmist kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	646	Theile.
Hülsensubstanz	852	—
Kleber	215	—
Amylon	2660	—
Öl	18	—
Eiweifsstoff	22	—
Schleimzucker	270	—
Gummiartigen Schleim	285	—
Saure phosphorsaure Salze	22	—
Verlust	10	—
	5000	—

5. 5000 Gewichtstheile des mit trocknem Menschenkoth kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	650	Theile.
Hülsensubstanz	850	—
Kleber	220	—
Amylon	2658	—
Öl	22	—
Eiweifsstoff	25	—
Schleimzucker	250	—
Gummiartigen Schleim	284	—
Saure phosphorsaure Salze	30	—
Verlust	11	—
	5000	—

6. 5000 Gewichtstheile des mit Pferdemist kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	655	Theile.
Hülsensubstanz	800	—
Kleber	200	—
Amylon	2726	—
Öl	18	—
Eiweifsstoff	24	—
Schleimzucker	260	—
Gummiartigen Schleim	280	—
Saure phosphorsaure Salze	28	—
Verlust	9	—
	5000	—

7. 5000 Gewichtstheile des mit Taubenmist kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	615	Theile.
Hülsensubstanz	916	—
Kleber	160	—
Amylon	2659	—
Öl	15	—
Eiweifsstoff	18	—
Schleimzucker	250	—
Gummiartigen Schleim	342	—
Saure phosphorsaure Salze	15	—
Verlust	10	—
	5000	—

8. 5000 Gewichtstheile des mit Kuhmist kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	580	Theile.
Hülsensubstanz	750	—
Kleber	155	—
Amylon	2750	—
Öl	14	—

Eiweifsstoff	16	—
Schleimzucker	340	—
Gummiartigen Schleim	367	—
Saure phosphorsaure Salze	18	—
Verlust	10	—
	5000	—

9. 5000 Gewichtstheile des mit Pflanzenerde kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	541	Theile.
Hülsensubstanz	650	—
Kleber	100	—
Amylon.	2996	—
Öl	13	—
Eiweifsstoff.	12	—
Schleimzucker	319	—
Gummiartigen Schleim	349	—
Saure phosphorsaure Salze	10	—
Verlust	10	—
	5000	—

10. 5000 Gewichtstheile des im nicht gedüngten Boden kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	540	Theile.
Hülsensubstanz	651	—
Kleber	97	—
Amylon.	2999	—
Öl	14	—
Eiweifsstoff.	11	—
Schleimzucker	320	—
Gummiartigen Schleim	350	—
Saure phosphorsaure Salze	8	—
Verlust	10	—
	5000	—

Die Resultate welche die Versuche mit dem Hafer, in den verschiedenen Düngerarten kultivirt, dargeboten haben, stimmen nicht ganz mit denen des Weizens, des Roggens und der Gerste überein. Ich habe die Resultate so mitgetheilt, wie sich solche mir dargeboten haben, und überlasse es der Zukunft, die Ursachen von der Nichtübereinstimmung zu ermitteln.

Die kleberartige Substanz aus dem Hafer ist noch dünner als die aus der Gerste; ich möchte sie als eine Materie eigner Art betrachten und mit dem Namen Avenaine bezeichnen.

Der gummiartige Schleim nähert sich mehr der Pflanzengallerte als dem Gummi. Das Amylon selbst zeigt einen süfslichen Geschmack und eine Lockerheit, wie sie beim Amylon aus den übrigen Getreidearten nicht vorkommt.

Versuche und Beobachtungen
über
die chemische Zergliederung des Kanonenmetalls.

Von
H^rn. SIGISM. FRIEDR. HERMBSTÄDT.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 16. August 1826.]

Die Zusammensetzung des Kanonenmetalls oder Stückguts ist nicht in allen Ländern dieselbe. In den meisten Fällen besteht solche blofs aus Kupfer und Zinn; in einzelnen Fällen wird auch eine verhältnifsmäfsige Portion Zink, ja selbst Blei zugegeben.

Das Kanonenmetall soll hart genug sein, um dem Eindrucke der Kugel, wenn solche, durch die explodirende Kraft des entzündeten Pulvers getrieben, die Seele der Kanone verläfst und den Lauf derselben durchstreicht, hinreichenden Widerstand zu leisten; es soll aber auch zähe genug sein, um nicht zerspringen zu können.

Das Zinn ertheilt dem Kupfer die Härte; die Zähigkeit der Legirung wird durch das bestimmte proportionale Verhältnifs begründet, unter welchem beide Metalle mit einander vereinigt werden.

Zinn und Zink zusammen legirt, ohne Zusatz von Kupfer, geben eine Alliage von gröfserer Härte und gröfserer Zähigkeit, als die des gewöhnlichen Kanonenguts; sie würde vielleicht allein, für sich angewendet, ein brauchbares Kanonenmetall darbieten, aber diese Alliage ist zu sehr der oxydirenden Einwirkung des Wassers und der Luft unterworfen, als dafs man jemals einen Gebrauch davon, zu Kanonenmetall, wird machen können.

Dafs hingegen ein kleiner Zusatz von Zink dem Kanonenmetall stets sehr vortheilhaft sein kann, darf man um so mehr erwarten, weil die Alliage dadurch an Härte zunimmt, ohne an Zähigkeit etwas zu verlieren.

Was den Gehalt des Bleis betrifft, wie dieses Metall bei der chemischen Zergliederung einiger Arten von Stückgut sich ergeben hat: so ist solches ohnfehlbar nur als ein Verunreinigungsmittel zu betrachten, welches dem dazu angewendeten Zinn inhärirte: weil kein Grund existirt, was solches im Kanonenmetall nützen soll.

Bleiben aber auch die oben genannten wesentlichen Bestandtheile des Kanonenmetalls, nämlich Kupfer und Zinn, qualitativ betrachtet, dieselben: so ist es doch keinem Zweifel unterworfen, dafs Härte, Zähigkeit, Festigkeit und specifische Dichtigkeit der aus jenen Materien producirten Alliagen, durch die proportionalen Verhältnisse der Letztern begründet werden müssen.

Ob und welche Abänderungen aber, rücksichtlich der oben genannten Eigenschaften, durch den reineren oder weniger reinen Zustand, der zur Alliage gebrauchten einzelnen Metalle bewirkt werden können? solches würde nur allein durch eine Reihe mühsamer darüber angestellter Versuche ausgemittelt werden können.

Unter den mannigfaltigen Legirungen zu Kanonenmetall mufs ohnfehlbar eine existiren, die als unübertrefflbar angesehen werden kann. Ob solche durch das bestimmte proportionale Verhältnifs der dazu genommenen einfachen Metalle allein, oder auch durch den Zustand ihrer absoluten Reinheit bedingt wird? solches ist bisher noch nicht genügend ermittelt worden.

Dafs man den Zustand der absoluten Reinheit der zum Kanonenmetall erforderlichen Ingredienzen vielleicht niemals beobachtet hat; ja dafs man selbst über die passendsten proportionalen Verhältnisse derselben nicht einmal einverstanden ist: solches gehet sehr deutlich aus der Differenz derselben hervor, die man in verschiedenen Ländern bei deren Legirung beobachtet.

Die Herren Vauquelin, Klaproth, Kopp, Thenard, Dièze u.a.m. haben mehr Methoden zur chemischen Zergliederung der Legirungen von Kupfer, Zinn und Zink, auf dem nassen Wege, beschrieben; ich habe selbige einer wiederholten Prüfung unterworfen, dieselben auch vollkommen richtig, aber zu complicirt befunden, als dafs ich nicht gewünscht hätte, sie vereinfachen zu können.

Um absolut reine Materialien zur Zusammensetzung des Kanonenmetalls zu erhalten, mufste ich mir solche erst zubereiten.

Das absolut reine Kupfer wurde durch die für sich bewirkte Reduktion des reinen krystallisirten essigsauren Kupfers, unter einer Decke von Boraxglase bewirkt.

Das absolut reine Zinn wurde bereitet, indem Malaccazinn durch anhaltendes Kochen mit Salpetersäure oxydirt, der nicht gelöste Rückstand, um ihn von etwa beigemengtem Arsenik zu trennen, mit liquidem Ätzammoniak ausgekoeht, und hierauf, nach vollkommenem Aussüfsen, durch Weinsteinsäure, unter einer Decke von Boraxglase, reducirt.

Zur Darstellung des absolut reinen Zinks wurde das Zink in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst, aus der sauren filtrirten Auflösung des Kadmium durch hydrothionsaures Gas gefället; die rückständige Flüssigkeit, um sie vom etwa vorhandenen Eisengehalte zu befreien, durch Ätzammoniak gefället und bis zur Wiederauflösung des Niederschlags damit versetzt. Die klar filtrirte Flüssigkeit wurde zum Troeknen abgedünstet, der Rückstand ausgeglühet, und hierauf, unter einer Decke von Boraxglase, mit Weinsteinsäure redueirt. Die Reduktion geschah in einer Retorte von Porzellan.

Zur Darstellung des absolut reinen Bleies wurde reines krystallisirtes essigsaures Blei, unter einer Decke von Boraxglase, für sich reducirt.

Mit diesen absolut reinen Metallen wurden folgende Legirungen veranstaltet:

1. Hundert Theile Kupfer und Zehn Theile Zinn.
2. Neunzig Theile Kupfer und Zehn Theile Zinn.
3. Achtzig Theile Kupfer, Zehn Theile Zinn und Zehn Theile Zink.
4. Achtzig Theile Kupfer, Zehn Theile Zinn, Sechs Theile Zink und Vier Theile Blei.

Jene Metalle wurden unter einer Decke von Boraxweinstein und Pulver von reinem weifsen Glase in porzellanenen Tiegeln zusammengeschmolzen, und diese nach dem Erkalten der Massen zerschlagen.

Die so erhaltenen Reguli zeigten einen Gewichtsverlust von anderthalb bis zwei Proeent, welcher wahrscheinlich in die Schlacken getreten war.

Die so gebildeten Alliagen waren wenig in der Farbe unterschieden; am schönsten zeichnete sich hierin Nummer 3 aus. Die Alliage von der Vierten Nummer hatte ein mattes Ansehen.

Es würde interessant gewesen sein, die Festigkeit der erhaltenen Alliagen unter sich und gegen gewöhnliches Kanonenmetall verglichen, prüfen zu können; hierzu mangelte es mir aber an Gelegenheit; ich werde diese Versuche aber zu einer andern Zeit nachholen.

Es kam nur jetzt darauf an, die erhaltenen Alliagen zu zergliedern, um zu ermitteln, wie die Resultate der Zergliederung mit den proportionalen Verhältnissen der zu ihrer Zusammensetzung verwendeten Bestandtheile, stimmen würden.

Unter denen von andern Chemikern hierzu vorgeschlagenen Scheidungsarten, schienen mir die von Vauquelin und von Kopp die passendsten zu sein.

Vauquelin, der sich vorzüglich mit der Zergliederung des Messings beschäftigt hat, bedient sich dazu der folgenden Methode. Er löset solches in Salpetersäure auf, fället die Auflösung durch Ätzkali, und löset das mit gefällete Zinkoxyd durch einen Überschufs von Ätzkali wieder auf. Der Niederschlag wird ausgesüfst, das rückständige Kupferoxydhydrat ausgeglühet und der Kupfergehalt aus seinem Gewichte bestimmt.

Die alkalische Zinkauflösung wird mit Schwefelsäure übersetzt, dann durch kohlensaures Kali gefället. Der Niederschlag wird ausgesüfst, getrocknet, geglühet und aus seinem Gewichte das des metallischen Zinks berechnet.

Nach einer andern von Vauquelin angegebenen Methode, soll man das Messing, unter Mitwirkung der Wärme, in concentrirte Schwefelsäure auflösen, die Auflösung mit Wasser verdünnen, das Kupfer mittelst einer gewogenen Zinkplatte daraus fällen, den Gewichtsabgang der Zinkplatte berechnen: dann das Zink durch kohlensaures Kali fällen. Der Niederschlag soll ausgesüfst, getrocknet, ausgeglühet und das Zinkoxyd welches das Messing dargeboten hatte, von dem abgezogen werden, welches bei der Fällung des Kupfers hinzugekommen war; aus dem Überreste hingegen das metallische Zink durch Rechnung bestimmt werden.

Kopp ziehet über die Legirung von Kupfer und Zinn, zu verschiedenen Malen Salpetersäure ab und löset dann den Rückstand, mit Hülfe der Wärme, in Schwefelsäure auf. Hier soll das Zinn als Oxyd

zurück bleiben, das Kupfer hingegen, so wie auch das Zink, wenn solches vorhanden war, sich auflösen.

Ich habe diese von Kopp angegebne Zergliederung wiederholt; sie hat mir aber keine genügende Resultate dargeboten. Das hiebei rückständige Zinnoxyd enthält stets noch Kupfer, so wie basisches schwefelsaures Zinn.

Eben so verliert man bei der von Kopp angegebnen Zergliederungsart an Zinn, weil ein Theil des Zinnoxyds, mit dem Kupfer zugleich, aufgelöst wird und aus der Auflösung, durch Hinwegnahme des Kupferoxyds mittelst Ätzammoniak, geschieden werden kann.

Jene Zergliederungsart kann also keinesweges als Beispiel aufgestellt werden, wenn die Scheidung solcher Metallgemische genaue Resultate darbieten soll. Folgende von mir ausgemittelte Scheidungsart habe ich, als Resultat einer öftern Wiederholung derselben, sehr zweckmäfsig befunden.

a) Zergliederung einer künstlichen Alliage von Kupfer und Zinn.

Diese Legirung wird mit einer stählernen Feile zart zerfeilet. Hierauf wird das fünffache Gewicht der gefeilten Alliage eines sehr reinen, trocknen Salpeters in einem Platintiegel zum glühenden Fluss gebracht. In diesen trage ich die gefeilte Legirung bei kleinen Portionen nach und nach ein, um sie zu verpuffen. Die verpuffte Masse wird noch eine Zeit lang im Fluss erhalten, bis alle Metallcität verschwunden und eine grünblaue Salzmasse gebildet worden ist; welche ausgegossen, nach dem Erkalten zerkleinert, hierauf mit destillirtem Wasser ausgekocht und sodann mit Salpetersäure, bis zum Vorwalten derselben, versetzt wird.

Hiebei löset sich das gebildete Kupferoxyd in der Säure auf, das Zinnoxyd hingegen bleibt ungelöst zurück.

Die Auflösung des Kupfers wird durch Ätznatron gefället, der Niederschlag ausgesüfst, getrocknet und ausgeglühet. Aus seinem Gewicht wird der Gehalt des regulinischen Kupfers berechnet.

Jenes Kupferoxyd ist in Ätzammoniak lösbar, ohne eine Spur von Zinnoxyd übrig zu lassen.

Das nicht aufgelöste Zinnoxyd wird ausgesüfst, getrocknet und ausgeglühet, und der regulinische Zinngehalt aus seinem Gewichte bestimmt. Jenes Zinnoxyd ist vollkommen rein, ohne, selbst bei der genauesten Prüfung, eine Spur von Kupfer wahrnehmen zu lassen.

Die Lauge, welche beim Aussüfsen der verpufften Masse gewonnen wird, giebt mit Schwefelsäure neutralisirt, noch einige Flocken von Zinnoxyd, welches dem Erstern zugerechnet werden mufs.

b) Zergliederung einer Alliage aus Kupfer, Zinn und Zink.

Sie wird auf gleiche Weise, wie die vorige, zart zerfeilet, das Zerfeilete mit dem fünffachen Gewichte Salpeter verpufft, die gut durchgeschmolzene Masse mit Wasser so vollkommen als möglich ausgesüfst.

Was ungelöst zurück bleibt, ist Zinnoxyd, das ausgeglühet und dessen Gehalt an regulinischem Zinn aus seinem Gewichte ermittelt wird.

Die Lauge wird mit Salpetersäure bis zum Vorwalten derselben versetzt und filtrirt, wobei wenige Flocken von Zinnoxyd übrig bleiben, welches dem vorigen zugerechnet werden mufs.

Die vom Zinn befreite Flüssigkeit hält nun Kupferoxyd und Zinkoxyd gelöst. Sie wird stark gesäuert, und nun so lange hydrothionsaures Gas hindurch geleitet, bis keine Trübung mehr darin erfolgt. Hier fällt das Kupfer als Schwefelkupfer zu Boden, welches ausgesüfst, getrocknet, und aus seinem Gewichte der Gehalt des metallischen Kupfers bestimmt wird.

Die rückständige Flüssigkeit wird, bis zur Entfernung der noch damit gemengten Hydrothionsäure, gekocht, dann filtrirt, das Filtrirte durch kohlensaures Natron gefället, der Niederschlag ausgesüfst, getrocknet und ausgeglühet. Er stellt nun das reine Zinkoxyd dar, dessen Metallgehalt durch Rechnung bestimmt wird.

c) Zergliederung einer Legirung aus Kupfer, Zinn, Zink und Blei.

Sie wird durch Verpuffung mit dem fünffachen Gewicht Salpeter oxydirt, hierauf vollkommen ausgesüfst. Der Rückstand ist ein Gemenge von Kupfer-, Zinn- und Bleioxyd.

Die beim Aussüfsen erhaltene Lauge wird bis zum Vorwalten mit Salpetersäure versetzt, wobei sich wenige Flocken von Zinnoxyd aussondern, die gesammelt werden.

Die davon getrennte Flüssigkeit wird durch hydrothionsaures Gas zerlegt, wobei eine kleine Quantität Schwefelblei ausgesondert wird.

Die davon getrennte Flüssigkeit, durch kohlensaures Natron gefället, giebt kohlensaures Zinkoxyd, das ausgeglühet und sein Metallgehalt durch Rechnung bestimmt wird.

Das nach dem Auslaugen der verpufften Masse zurück gebliebene Gemenge von Zinnoxyd, Kupferoxyd und Blei-Superoxyd wird, mit dem Zwölften Theil Zucker versetzt, mit vorwaltender Salpetersäure gekocht; was zurückbleibt, ist Zinnoxyd, das, mit den früher bemerkten Flocken verbunden, ausgesüfst und ausgeglühet wird. Aus dem Gewichte des Rückstandes wird der Metallgehalt durch Rechnung bestimmt.

Die Kupfer- und Bleihaltige Lösung wird genau neutralisirt und mit schwefelsaurem Natron versetzt, wobei schwefelsaures Blei zu Boden fällt, das ausgesüfst, getrocknet und ausgeglühet wird. Der darin befindliche Metallgehalt, + dem in dem früher genannten Schwefelblei enthaltenen, wird durch Berechnung ermittelt.

Aus der übrigen Flüssigkeit wird noch das Kupferoxyd durch Ätznatron gefället, ausgesüfst, getrocknet und ausgeglühet. Der darin befindliche Metallgehalt ergiebt sich durch Berechnung.

Auf solche Weise ist es mir gelungen, aus den künstlich gemachten Alliagen die proportionalen Verhältnisse der dazu verwendeten reinen Metalle, bis auf einen unbedeutenden Deficit, zu erhalten; ich glaube daher, dafs diese bisher noch nicht beobachtete Scheidungsmethode den Vorzug vor jeder früheren verdient.

Digitized by Google

Über die

Veränderungen welche die Festigkeit des Eisens durch geringe Beimischungen erleidet.

Von

H^rn. KARSTEN.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 7. December 1826.]

Die Festigkeit, welche sich nach den Richtungen der Kräfte, die den Zusammenhang der Masse aufzuheben streben, bald als Dehnbarkeit, bald als Geschmeidigkeit, bald als Biegsamkeit (im Gegensatz der Zerbrechlichkeit) zu erkennen giebt, ist bei einem und demselben Metall sehr verschieden. Es hat noch nicht gelingen wollen, die Gröfse der Festigkeit der Metalle durch absolute Zahlen genau zu bestimmen. Die Gränzen der gröfsten und der geringsten Festigkeit, so weit sie bisher durch unmittelbare Versuche ausgemittelt worden sind, liegen bei den verschiedenen Metallen sehr ungleich von einander entfernt. Bei dem Golde z. B. finden sie sich zwischen den Zahlen 25 und 34; bei dem Silber zwischen den Zahlen 38 und 66; bei dem Kupfer zwischen 30 und 65 und bei dem Eisen sogar zwischen den Zahlen 10 und 150.

So grofse Abweichungen können nicht in der Mangelhaftigkeit der Vorrichtungen, durch welche die Gröfse der Festigkeit ausgemittelt wird, ihren Grund haben. Sie müssen eine Folge der verschiedenartigen Beschaffenheit des Metalles selbst sein. Zwar lehrt die Erfahrung, dafs auch die verschiedenen Umstände, unter welchen ein und dasselbe Metall geschmolzen, gegossen, abgekühlt, oder durch Schmieden und Zusammenpressen mehr verdichtet wird, einen sehr wesentlichen Einflufs auf die Festigkeit äufsere; allein die Differenzen werden doch nur alsdann bedeutend ausfallen, wenn mit jener Behandlung des Metalles zugleich eine Veränderung des

chemischen Mischungsverhältnisses verbunden ist, oder doch als höchst wahrscheinlich vorausgesetzt werden kann. Die grofsen Abweichungen in der Festigkeit eines und desselben Metalles, so wie sie sich aus den zeither angestellten Versuchen ergeben haben, dürften daher wohl vorzüglich darin zu suchen sein, dafs die angewendeten Metalle nicht rein, sondern dafs sie Legirungen mit anderen Metallen gewesen sind.

Das Eisen ist dasjenige Metall, von dessen Festigkeit man am häufigsten Gebrauch zu machen veranlafst wird. Die Legirung dieses Metalles mit Kohle, besitzt, aufser vielen anderen, auch die merkwürdige Eigenschaft, dafs sie einen ungemein verschiedenen Grad der Festigkeit zeigt, je nachdem die Menge und der Verbindungszustand der Kohle mit dem Eisen verschieden sind. Eisen, welches gar keine Kohle enthält, ist weniger fest, als dasjenige, welches mit etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Procent Kohle verbunden ist. Mit dem zunehmenden Verhältnifs der Kohle nimmt die Festigkeit aber wieder bedeutend ab, und scheint am geringsten zu werden, wenn das Eisen das Maximum von Kohle, nämlich etwas mehr als 5 Procent Kohlenmetall, aufgenommen hat. Allein nicht blofs die Menge der Kohle, sondern auch der jedesmalige Verbindungszustand derselben mit dem Eisen, entscheiden über die Gröfse der Festigkeit. Der gehärtete und der nicht gehärtete Stahl, so wie das graue und weifse Rohcisen, welche ganz gleiche Quantitäten Kohle, aber in verschiedenen Verbindungszuständen, enthalten, äufsern sich in der Festigkeit sehr verschieden. Es fehlt noch an Versuchen, um bestimmen zu können, bei welcher Quantität, und bei welchem Verbindungszustande der Kohle mit dem Eisen, dieses Metall, oder vielmehr die Legirung des Eisens mit Kohle, das Maximum der Festigkeit erreicht hat.

Die Legirungen des Eisens mit anderen Metallen oder metallischen Grundlagen sind wenig bekannt. Die Legirungen mit Chlor, Boron, Fluor, Cyan, lassen sich immer nur in ganz bestimmten Mischungsverhältnissen darstellen und bilden eine eigenthümliche Klasse von Verbindungen, welche, nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch, nicht mehr Legirungen genannt werden können, weil sie eine grössere Übereinstimmung mit den Verbindungen von oxydirten Körpern, als mit der Vereinigung von Metallen zu erkennen geben. Auch die Legirungen des Eisens mit Schwefel, Phosphor, Selen und Kohle, welche ebenfalls eine eigenthümliche Art von Verbindungen darzustellen scheinen, pflegt man nicht Legirungen zu nennen, obgleich

sich kein wissenschaftlicher Grund angeben läfst, aus welchem man berechtigt wäre, diese Verbindungen von denen des Eisens mit anderen Metallen zu unterscheiden. Der Charakter des metallischen Zustandes wird nämlich durch die Vereinigung des Eisens mit den genannten Körpern nicht aufgehoben, und eben so wenig läfst es sich erweisen, dafs die Festigkeit des Eisens, durch die Verbindung mit geringen Quantitäten des einen oder des anderen von jenen Körpern, in einem höheren Grade vermindert werde, als durch die Verbindung mit geringen Quantitäten von den eigentlich sogenannten Metallen. Ein gewisses Verhältnifs von Kohle erhöhet sogar die Festigkeit des Eisens, und der Phosphor vermindert sie, — wenigstens bis zu gewissen Verhältnissen, — nicht in so hohem Grade, als eine dem Eisen beigemischte Quantität eines eigentlich sogenannten Metalles, auf die Festigkeit des Eisens nachtheilig einzuwirken scheint.

Dafs aufserordentlich geringe Quantitäten eines beigemischten fremden Körpers, die Festigkeit eines Metalles ungemein vermindern können, zeigt sich auffallend beim Ausstrecken und beim Prägen des Silbers, des Goldes und des Kupfers, indem die Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit dieser Metalle zuweilen in einem hohen Grade vermindert sind, ohne dafs sich mit Zuverlässigkeit die Menge, ja oft sogar die Art des Körpers angeben läfst, durch dessen Beimischung die Abnahme der Festigkeit veranlafst wird. Bei dem Eisen zeigt sich eine fast noch gröfsere Verschiedenheit in der Festigkeit, — eine Verschiedenheit, die schon längst Veranlassung gegeben hat, das rothbrüchige, das kaltbrüchige und das faulbrüchige Eisen, von dem untadelhaften und festen Eisen zu unterscheiden. Wenn die fehlerhafte Beschaffenheit des Eisens, nämlich die Verminderung seiner Festigkeit, nur durch Beimischung bedeutender Quantitäten von Metallen oder von metallischen Grundlagen bestimmt würde, so könnte ein solcher Erfolg nicht auffallend sein, und man würde sich dann schon längst einen vollständigen Aufschlufs über die Ursachen der fehlerhaften Beschaffenheit des Eisens und über die Mittel zur Verbesserung derselben verschafft haben. Es scheint aber, dafs schon aufserordentlich geringe Beimischungen von fremden Körpern, welche sich durch die Analyse nur schwer auffinden und bestimmen lassen, eine sehr bedeutende Verminderung der Festigkeit des Eisens hervorzubringen vermögen. Darin ist auch zugleich der Grund zu suchen, weshalb die Ursachen der fehlerhaften Beschaffenheit des Eisens

noch wenig zuverlässig bekannt, und weshalb sogar sehr widersprechende Meinungen über den Einfluſs der verschiedenen metallischen Grundlagen auf das Eisen entstanden sind.

Bei derjenigen Verbindung des Eisens mit Kohle, bei welcher die letztere entweder im Maximo vorhanden ist, oder sich diesem Verbindungsverhältniſs wenigstens nähert, also bei derjenigen Verbindung, welche unter dem Namen des Roheisens bekannt ist, hat die Festigkeit des Eisens schon so sehr abgenommen, daſs der Einfluſs, den die Beimischung von geringen Quantitäten anderer metallischer Grundlagen auf die Haltbarkeit des Eisens äuſsert, weniger deutlich erkannt werden kann. Wenigstens läſst sich dieser Einfluſs von demjenigen den die Kohle für sich allein schon äuſsert, nicht so deutlich unterscheiden und so bestimmt nachweisen, als bei dem Stabeisen, oder bei dem Eisen welches nur wenig Kohle enthält und dessen verminderte Festigkeit daher nicht der Beimischung von Kohle zugeschrieben werden kann. Daſs aber Beimischungen, welche dem Stabeisen eine fehlerhafte Beschaffenheit ertheilen, auch eben so nachtheilig auf das Roheisen wirken und die Festigkeit desselben vermindern müssen, bedarf keiner Erwähnung.

Zur näheren Kenntniſs des Eisens ist es durchaus nothwendig, die Art und die Quantität der Körper kennen zu lernen, durch deren Beimischung die Festigkeit des Eisens wesentlich modificirt wird, und diese Kenntniſs ist dann auch vielleicht geeignet, mehr Licht über eine Art von Verbindungen zu verbreiten, welcher bis jetzt zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden ist, weil sie bei der chemischen Vereinigung von sehr vielen Körpern gar nicht vorkommt, und weil sie, wo man sie antraf, mehr für zufällig als für wesentlich gehalten worden ist.

Die folgenden Untersuchungen werden sich nur auf eine kleine Anzahl von Körpern erstrecken, indem nur diejenigen ausgewählt worden sind, welche bei der technischen Bereitung und Bearbeitung des Eisens, mit diesem Metall in Verbindung treten.

1. Eisen und Phosphor.

Daſs der Phosphor die Festigkeit des Eisens vermindert, ist längst bekannt. Es war nur noch näher zu untersuchen, bei welchen Verhältnissen die Wirkung des Phosphor so merklich wird, daſs sie sich bei den gewöhn-

lichen Proben des Stabeisens durch Biegen, Werfen und Schlagen der Stäbe, auffallend zu erkennen giebt.

Die Eisenhüttenwerke in der Mark Brandenburg, in Pommern, in der Lausitz und in Niederschlesien verarbeiten sämmtlich Wiesenerze. Es bot sich daher eine gute Gelegenheit dar, die Erze, Zuschläge, das Roheisen, die Hohenofenschlacken, das aus dem Roheisen bereitete Stabeisen und die dabei fallenden Roh- und Gaarschlacken zu untersuchen. Zu diesen Untersuchungen sind die beiden Hüttenwerke Torgelow in Pommern und Peitz in der Neumark gewählt worden. Alle Erze, von 18 verschiedenen Punkten, enthielten, aufser Eisenoxyd, Kieselerde und Wasser, auch noch veränderliche Mengen von Eisenoxydul, Manganoxyd und Bitumen. Bei einigen fand sich auch noch eine geringe Beimengung von kohlensaurer Kalkerde. Ein bestimmtes Mischungsverhältnifs war bei keinem Erz aufzufinden. Der Gehalt an Phosphorsäure variirte von 0,8 bis 5,6 Procent, der Manganoxydgehalt von 0,1 bis 10,8 Procent. Dagegen stieg der Eisenoxydgehalt von 23,24 bis 62,21 Procent, und der Wassergehalt von 16,2 bis 24,4 Procent.

Der Phosphorgehalt im Torgelower Roheisen betrug 3,107 Procent, und im Peitzer Roheisen 5,54 Procent. In den Hohenofenschlacken fand sich keine Spur von Phosphor oder von Phosphorsäure, zum Beweise, dafs der ganze Phosphorsäuregehalt der Erze beim Verschmelzen zu Phosphor reducirt und als Phosphoreisen im Roheisen ausgebracht wird. Das untersuchte Roheisen war bei einem gaaren Gange des Ofens gefallen, woraus es einleuchtend wird, dafs der Phosphorsäuregehalt der Eisenerze, durch den Hohenofenprozefs nicht abgeschieden, ja nicht einmal vermindert werden kann, indem die Schlacke keine Spur davon aufnimmt, sondern der ganze Phosphorsäuregehalt des Erzes sich als Phosphor im Roheisen koncentrirt. Dies ist auch der Grund, weshalb sich vielleicht in jedem Roheisen noch Spuren von Phosphor auffinden lassen werden, wenigstens ist mir bis jetzt noch kein Roheisen vorgekommen, welches ganz davon frei gewesen wäre.

Bei dem Verfrischen eines solchen, Phosphor haltenden, Roheisens in gewöhnlichen Frischheerden, wird der Phosphor durch den Luftstrom des Gebläses in Phosphorsäure umgeändert und auf solche Weise mehr oder weniger vollkommen abgeschieden. Die Frischschlacken enthalten daher sehr bedeutende Quantitäten Phosphorsäure, welche mit dem gleichzeitig

entstehenden Eisenoxydul in Verbindung tritt. Eine solche Verbindung wird aber in der Schmelzhitze, umgeben von glühenden Kohlen, sehr leicht wieder zu Phosphoreisen reducirt, welches sich mit dem gefrischten Eisen abermals verbinden würde. Man sucht diese Reduction zum Theil dadurch zu verhindern, dafs man der Phosphorsäure eine stärkere Basis, als das Eisenoxydul ist, anbietet. Der Zuschlag von kohlensaurem Kalk nämlich, dessen man sich in der eigentlichen Frischperiode bedient, hat keinen anderen Zweck, als die entstehende Phosphorsäure zu binden und die Reduction zu Phosphor zu verhindern. Ungeachtet der Kalk aber in ungleich gröfserer Menge angewendet wird, als zur Verbindung mit der entstehenden Phosphorsäure erforderlich ist, so zeigt doch die Analyse der Frischschlacken, dafs ein sehr bedeutender Theil des Phosphorsäuregehaltes derselben noch am Eisenoxydul, und nicht an der Kalkerde, gebunden ist. Der ganze Prozefs des Verfrischens des Phosphor haltenden Roheisens in den Frischheerden, ist daher auch vielen Zufälligkeiten unterworfen und ganz vorzüglich von der Übung und Geschicklichkeit der Arbeiter abhängig. Daher kommt es auch, dafs auf einigen Hüttenwerken der Phosphor im Roheisen ungleich vollkommener als auf anderen, beim Verfrischen des Roheisens zu Stabeisen, abgeschieden wird. Das Stabeisen aus dem Torgelower Roheisen hatte noch einen Rückhalt von 0,75 Procent Phosphor, und ein gröfserer Phosphorgehalt zeigte sich auch nicht in dem Peitzer Roheisen, obgleich das Peitzer Roheisen fast noch einmal so viel Phosphor enthält als das Roheisen von Torgelow.

Stabeisen, welches $\frac{3}{4}$ Procent Phosphor enthält, zeigt zwar eine schon bedeutend verminderte Festigkeit, hält aber die gewöhnlichen Proben durch Biegen und Werfen noch recht gut aus. Schon bei einem Gehalt von 0,8 Procent Phosphor wird die Abnahme der Festigkeit sehr merklich, und das Stabeisen, welches 1 Procent Phosphor enthält, läfst sich nicht mehr unter einem rechten Winkel biegen, ohne zu zerbrechen. Ein solches Eisen würde nur zu sehr wenigen Zwecken noch anwendbar sein. Dagegen läfst sich bei einem Phosphorgehalt von 0,6 Procent noch keine Abnahme der Festigkeit des Stabeisens durch die gewöhnlichen Proben des Biegens und Werfens bemerken, sondern es werden schon stärkere Proben erfordert, um sich von der Verminderung der Festigkeit zu überzeugen. Ein Phosphorgehalt von 0,3 Procent scheint die Festigkeit des Stabeisens äufserst

wenig zu vermindern, wenigstens läfst sich die Verminderung durch die stärksten Proben nicht mehr bemerken; nur beim Zerreifsen eines solchen Stabeisens würde sich seine geringere Festigkeit im Vergleich mit dem reinen Stabeisen zu erkennen geben.

Der Phosphor scheint in oder mit den Eisenerzen ungleich häufiger vorzukommen, als man geglaubt hat. Weil sich jede Spur von Phosphorsäure in der ganzen zu verschmelzenden Erzbeschickung, als Phosphor im Roheisen, wieder findet, so läfst sich durch die Analyse des Roheisens ein Phosphorsäuregehalt ausmitteln, den die Untersuchung der Erze gar nicht erwarten läfst. Noch ist mir, weder unter den verschiedenen deutschen, noch unter den englischen und schwedischen Roheisenarten, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, ein einziges Stück vorgekommen, welches ganz frei von Phosphor gewesen wäre, obgleich der Phosphorgehalt zuweilen nur einige Hunderttheile eines Procents beträgt. Es ist wohl möglich, dafs ein so unbedeutender Phosphorgehalt durch die Asche des Brennmaterials, und nicht durch die Eisenerze in das Roheisen geführt wird. Die Ursache des Phosphorgehalts sei aber welche sie wolle, so ist es für einen sehr glücklichen Umstand anzusehen, dafs der Phosphorgehalt des Eisens schon bis zu einem halben Procent steigen kann, ehe er der Festigkeit des Eisens auf eine bemerkbare Art nachtheilig wird. Wenn der Phosphor schon in so geringen Quantitäten, wie es bei einigen andern Körpern der Fall ist, die Festigkeit des Eisens verminderte; so würde es fast unmöglich sein, ein festes und haltbares Eisen im Grofsen darzustellen.

2. Eisen und Schwefel.

Dafs das Eisen durch einen Schwefelgehalt rothbrüchig wird, ist eine ganz bekannte Erfahrung. Eisenerze die Schwefelkies enthalten, müssen daher durch Rösten, und häufig auch durch Auslaugen, zum Verschmelzen vorbereitet werden. Andere, welche mit Schwerspath oder mit Gips zusammenbrechen, werden zur Eisengewinnung ganz unbrauchbar, wenn die begleitenden schwefelsauren Salze in grofser Menge vorkommen, oder wenn sie durch Klaubearbeit nicht entfernt werden können. Beim Schmelzprozefs wird die Schwefelsäure reducirt und der Schwefel tritt mit dem Eisen in Verbindung. Bei einem gaaren Gange des Ofens läfst sich ein Theil des Schwefels entfernen, indem er, in Verbindung mit Erdbasen, von der Schlacke

aufgenommen wird. Der Schwefel zeigt sich also durch dieses Verhalten, welches der Phosphor nicht mit ihm gemein hat, dem praktischen Hüttenmann viel günstiger; allein eine vollständige Abscheidung des Schwefels ist, auch bei dem gaarsten Gange des Ofens, nicht möglich.

Weil auf den Landesherrlichen Eisenhütten keine Eisenerze verschmolzen werden, aus welchen rothbrüchiges Eisen erfolgt, so habe ich vor längerer Zeit auf der Eisenhütte zu Rybnick in Oberschlesien, der Erzbeschickung absichtlich etwas Gips zusetzen lassen, um Roheisen mit einem Schwefelgehalte darzustellen. Es bedurfte keines bedeutenden Zusatzes, um ein Roheisen zu erhalten, aus welchem ein so überaus rothbrüchiges Stabeisen erfolgte, dafs es sich unter dem Hammer nicht bearbeiten liefs. Die einzelnen Stücken welche nothdürftig zu einem Stabe ausgeschmiedet werden konnten, erhielten eine Menge von Kantenbrüchen, die sich tief in die Eisenmasse erstreckten. Das Stabeisen war völlig unbrauchbar und hatte die Schweifsbarkeit fast gänzlich verloren.

So genau sich auch der Schwefelgehalt eines Körpers, durch die Umwandlung des Schwefels in Säure, und durch die Behandlung der sauren Flüssigkeit mit Baryterdesalzen bestimmen läfst; so reicht dies Verfahren doch nicht hin, den Schwefelgehalt des Eisens auszumitteln. Bei den mehrsten Roheisenarten läfst sich auf diese Art kaum eine Spur von Schwefel entdecken. Das Eisen mufs, wenn der Schwefelgehalt ausgemittelt werden soll, in Salzsäure aufgelöfst und die entweichenden Gasarten müssen durch eine Auflösung von essigsaurem Blei geleitet werden, um aus dem sich niederschlagenden Schwefelblei die Menge des Schwefels berechnen zu können. Ich wende dazu gewöhnlich eine Quantität von 5 Grammen Eisen an, welche sich, nach Verlauf von 10 bis 14 Tagen, in der gewöhnlichen Temperatur vollständig aufgelöfst haben; wenigstens läfst sich in den Rückständen kein Schwefeleisen mehr auffinden, sobald die Gasentwickelung aufhört.

Das bei dem vorhin erwähnten Schmelzversuch erhaltene Roheisen enthielt 0,371 Procent Schwefel, und in dem daraus bereiteten Stabeisen liefsen sich nur 0,03375 Procent, also in 100,000 Theilen Eisen noch nicht 34 Theile Schwefel auffinden, und doch war das Stabeisen in einem so ausgezeichneten Grade rothbrüchig geworden, dafs es seine Festigkeit und Schweifsbarkeit fast gänzlich eingebüfst hatte. Dies Verhalten des Schwefels zum Eisen zeigt auf eine sehr auffallende Weise, wie durch eine äufserst

geringe Beimischung eines fremden Körpers, die Festigkeit eines Metalles in einem hohen Grade vermindert werden kann. Ich habe Gelegenheit gehabt, Stabeisen von einer Schwedischen Eisenhütte zu untersuchen, welches wegen seiner Neigung zu Kantenbrüchen und wegen seiner verminderten Schweifsbarkeit für rothbrüchiges Eisen gehalten werden mufste. Dies Stabeisen enthielt in 100,000 Theilen nur 10 Theile Schwefel, und dieser geringe Gehalt war schon hinreichend, dem Eisen den Fehler des Rothbruchs, wenn auch in einem geringen Grade, mitzutheilen.

3. Eisen und Arsenik.

Um den Einfluſs des Arsenik auf das Eisen kennen zu lernen, habe ich beim Verfrischen von solchem Roheisen, aus welchem ohne Zusätze sehr festes und gutes Stabeisen erfolgte, einen Zusatz von 1 Procent Arsenikglas anwenden lassen. Der Frischprozefs ward dadurch ungemein verzögert, und das erhaltene Stabeisen schien eine Neigung zum Kaltbruch erhalten zu haben, verhielt sich auch härter wie gewöhnlich. Zur Analyse dieses Eisens ward Königswasser genommen und sogleich Siedhitze angewendet, um durch Anwendung von Salzsäure nicht einen möglichen Verlust von Arsenik, durch Entwickelung von Arsenik-Wasserstoffgas, zu erleiden. Der Niederschlag, welcher bei der Behandlung der sauren Auflösung mit Hydrothiongas erfolgte, bestand aus reinem Schwefel, worin nicht eine Spur von Arsenik aufgefunden werden konnte. Wenn das Eisen also wirklich etwas Arsenik aufgenommen haben sollte, so war es so wenig, dafs es durch die Analyse nicht aufgefunden werden konnte. Bemerkenswerth ist es indefs, dafs dies Eisen, unter ganz gleichen Umständen, sich ungleich langsamer in Säuren auflöste, als das ohne Zusätze aus dem Roheisen gefrischte Stabeisen, ein Verhalten, welches auf eine Mischungsveränderung des Eisens, wenn sie auch durch die Analyse nicht hat nachgewiesen werden können, hinzudeuten scheint.

4. Eisen und Wismuth.

Dem Roheisen ward im Frischheerde, zur Zeit der Frischperiode, 1 Procent Wismuth zugesetzt. Auch das Wismuth verzögerte den Frischprozefs, aber das erhaltene Stabeisen zeigte durchaus keine Abnahme der Festigkeit. Durch die Analyse des Eisens ward der Wismuthgehalt zu

0,081 Procent gefunden. In 100,000 Theilen jenes Eisens befinden sich also 81 Theile Wismuth, welche auf die Festigkeit des Eisens keinen Einfluſs gezeigt haben. Ob gröſsere Beimischungen der Festigkeit des Eisens nachtheilig werden, würde noch näher zu untersuchen sein.

5. Eisen und Blei.

Sowohl bei einem Zusatz von 1 Procent Blei, als auch bei der Wiederholung des Versuches mit 1 Procent Glätte, statt des Bleies, zeigte sich das Eisen im Frischheerde sehr gutartig, und verhielt sich auch später, bei den mit demselben vorgenommenen Proben, eben so wie das gute und feste Stabeisen, welches beim Verfrischen ohne Zusätze aus dem Roheisen immer erhalten ward. Das Stabeisen zeigte bei der Analyse nicht eine Spur eines Bleigehaltes, und es scheint daher, daſs sich das Blei, wenigstens auf solche Weise angewendet, mit dem Eisen gar nicht zu verbinden vermag.

6. Eisen und Zink.

Auch dieser Versuch ward in doppelter Art angestellt, indem das eine mal ein Zusatz von 1 Procent Zink, und das zweite mal ein Zusatz von 1 Procent Zinkoxyd zum Roheisen gegeben ward. Das erhaltene Stabeisen zeigte sich von demjenigen, welches aus dem Roheisen ohne Zusätze erfolgt, gar nicht verschieden. Es hatte von seiner Festigkeit nichts eingebüſst. Ein Zinkgehalt lieſs sich aber auch in diesem Eisen nicht auffinden, und es ist deshalb sehr wahrscheinlich, daſs sich das Zink mit dem Eisen unter solchen Umständen, wie sie im Frischheerde statt finden, nicht verbindet.

7. Eisen und Kupfer.

Das Stabeisen, welches durch einen Zusatz von 1 Procent Kupfer zu dem zu verfrischenden Roheisen erhalten ward, zeigte eine etwas, wenn gleich nicht bedeutend, geringere Festigkeit, als das Stabeisen aus dem Roheisen ohne Zusätze gewöhnlich besaſs; vorzüglich aber schien die Schweifsbarkeit durch den Kupferzusatz vermindert worden zu sein. Die Analyse zeigte, daſs das Stabeisen 0,286 Procent Kupfer aufgenommen hatte, so daſs dieses Metall auf die Festigkeit des Eisens nicht in dem hohen Grade, als es gewöhnlich behauptet wird, nachtheilig einwirkt; obgleich es die Festigkeit des Eisens in einem höheren Grade vermindert als der Phosphor.

Merkwürdig ist noch das Verhalten dieses Eisens gegen die Säuren, indem es, unter ganz gleichen Umständen, wenigstens 6 mal mehr Zeit zur Auflösung erforderte, als das reine Stabeisen aus jenem Roheisen. Dafs eine Beimischung von nur etwas mehr als $\frac{1}{4}$ Procent Kupfer, die Auflöslichkeit des Eisens in Säuren in einem so hohen Grade vermindert, ist eine interessante Erscheinung, von welcher in manchen Fällen auch eine praktische Anwendung zu machen sein dürfte.

8. Eisen und Zinn.

Ein Zusatz von 1 Procent Zinn zum Roheisen, schien beim Frischprozefs selbst keine abweichenden Erscheinungen hervorzubringen. Bei der Bearbeitung des Eisens unter dem Hammer zeigte sich indefs sogleich, dafs das Stabeisen nicht allein rothbrüchig, sondern auch kaltbrüchig geworden war, und eine so grofse Verminderung seiner Festigkeit erlitten hatte, dafs es dadurch unbrauchbar ward. Die Analyse ergab, dafs das Eisen 0,19 Procent Zinn aufgenommen hatte, so dafs das Zinn die Festigkeit des Eisens in einem sehr hohen Grade vermindert. Bei einem Gehalt von nur 0,19 Procent Phosphor würde die Abnahme der Festigkeit des Eisens kaum merkbar geworden sein.

9. Eisen und Silber.

Zu 2 Centnern des zu verfrischenden Roheisens wurden in der Frischperiode 4 Pfund $1\frac{1}{2}$ Loth oder $1\frac{1}{2}$ Procent chemisch reines Silber angewendet. Das erhaltene Stabeisen verhielt sich durchaus so wie das in einem geringen Grade rothbrüchige Eisen; es erhielt Kantenbrüche und hatte an Schweifsbarkeit sehr verloren, so dafs von 10 Stäben nur 3 von Brüchen und Schiefern befreit und als brauchbar anerkannt werden konnten. Dennoch schien es in der gewöhnlichen Temperatur an der Festigkeit nichts verloren zu haben, indem es die Proben durch Schlagen und Werfen aushielt. Es scheint daher, dafs die Abnahme der Festigkeit dieses Eisens, nur eine Folge der in einem hohen Grade verminderten Schweifsbarkeit desselben sei, wie dies auch bei dem rothbrüchigen Eisen der Fall ist. — Dies Eisen löst sich in Königswasser vollkommen und ohne allen Rückstand auf. Die mit vielem Wasser verdünnte Auflösung gab mit Schwefel-Wasserstoffgas einen ungefärbten Niederschlag von Schwefel, welcher nach dem Abrösten

einen Rückstand hinterliefs, der mit Salpetersäure gekocht und dann mit etwas Kochsalzauflösung versetzt ward. Nur auf diese Weise liefs sich der geringe Silbergehalt des Eisens ausmitteln, welcher nach dem Gewicht des erhaltenen Hornsilbers berechnet ward. In 100 Theilen Eisen wurden auf diese Art 0,034 Theile Silber, oder in 100,000 Eisen nur 34 Silber gefunden. Das Silber zeigte also dieselbe Wirkung auf das Eisen, wie der Schwefel, wenn gleich nicht in einem so ausgezeichneten Grade.

10. Eisen und Antimon.

Ein Zusatz von 1 Procent Antimon zu dem zu verfrischenden Roheisen schien, bei der Frischarbeit selbst, keine Veränderung hervorzubringen. Als aber zum Ausschmieden des Stabeisens geschritten werden sollte, zeigte sich das Eisen in einem so hohen Grade kaltbrüchig, dafs die Stäbe dem Arbeiter unter den Händen zersprangen. Das Eisen hatte seine Festigkeit also in einem weit höheren Grade verloren, als es durch den gröfsten Phosphorgehalt des, schlecht bearbeiteten, Phosphor haltenden Roheisens nur möglich gewesen wäre. Die Analyse ergab einen Antimongehalt dieses Stabeisens von 0,23 Procent, oder es befinden sich in 10,000 Theilen Eisen 23 Theile Antimon. Eisen, welches so viel Phosphor enthält, gehört noch zu den festeren Eisenarten.

Es ward mir vor einiger Zeit eine Probe Stabeisen von einer Eisenhütte in der Grafschaft Glatz, welches sich durch einen hohen Grad von Kaltbruch unvortheilhaft auszeichnete, zugesendet. Man schrieb den Mangel an Festigkeit bei diesem Eisen einem Gehalt an Arsenik zu. Die Analyse ergab einen höchst geringen Schwefelgehalt, nämlich in 100,000 Theilen Eisen etwa 1 Theil Schwefel, welcher der Festigkeit des Eisens nicht nachtheilig sein und am wenigsten zum Kaltbruch des Eisens Veranlassung geben konnte. Der Phosphorgehalt betrug 0,38 Procent, und auch dieser Gehalt an Phosphor konnte den Kaltbruch in einem so hohen Grade nicht bewirkt haben, indem Untersuchungen von vielen Eisensorten gezeigt hatten, dafs ein so geringer Phosphorgehalt noch keine merkliche Verminderung der Festigkeit des Eisens hervorbrachte. Arsenik liefs sich nicht auffinden, wohl aber ein Gehalt von 0,114 Procent Antimon. Dieser Antimongehalt ist etwa halb so grofs als der des vorhin erwähnten, absichtlich mit Antimon legirten Stabeisens, und weil jener Gehalt von 0,23 Procent

das Eisen schon vollkommen unbrauchbar machte, so konnte es keinem Zweifel unterworfen sein, dafs die kaltbrüchige Beschaffenheit des Glatzer Stabeisens von dem aufgefundenen geringen Antimongehalt herrühren müsse.

11. Eisen und Mangan.

Dafs geringe Quantitäten Mangan der Festigkeit des Eisens nicht nachtheilig sind, ist so allgemein bekannt, dafs man im Gegentheil die Behauptung aufgestellt hat, das Mangan vermehre die Festigkeit des Eisens und sei ein nothwendiger Bestandtheil des besten Stahls. Diese Meinung mag ohne Zweifel daher entstanden sein, weil gewisse Arten von Eisenerzen, welche einen grofsen Gehalt an Manganoxydul besitzen, sehr geneigt sind, Stahl oder stahlartiges Eisen zu geben. Dieser Erfolg beruht indefs auf ganz anderen Gründen, denn der Mangangehalt des Roheisens wird bei der Verarbeitung desselben zu Stahl fast gänzlich abgeschieden. Ich habe häufig Stabeisen mit einem ungleich gröfseren Gehalt an Mangan gefunden, als in dem besten verarbeiteten Rohstahl vorhanden ist. Das Mangan trägt also zur stahlartigen Beschaffenheit des Eisens gewifs nichts bei; allein es scheint der Festigkeit des Eisens auch gar nicht nachtheilig zu sein, wenigstens nicht bis zu einem Gehalt von 1,85 Procent, welches der höchste Mangangehalt ist, den ich bisjetzt im Stabeisen gefunden habe.

12. Eisen und Silicium.

Wenn dem Roheisen beim Verfrischen reiner Quarzsand zugesetzt wird, so entsteht daraus zwar eine Verzögerung der Frischarbeit, wegen des in grofser Menge sich bildenden Eisenoxydul-Silikats; allein auf die Beschaffenheit des Stabeisens ist dieser Zusatz ohne alle Wirkung, wenigstens läfst sich keine Verminderung der Festigkeit des Eisens bemerken. Es scheint also, dafs die Kieselerde auf diese Weise nicht reducirt wird, auch liefsen sich bei der Analyse des Stabeisens nicht stärkere Spuren von Kieselerde auffinden, als in dem festesten und besten Stabeisen fast beständig angetroffen werden.

Ich habe indefs sehr häufig sogenanntes faulbrüchiges Stabeisen, nämlich Eisen, welches nur einen geringen Grad von Festigkeit besitzt und sich dabei sehr weich verhält, zu untersuchen Gelegenheit gehabt und in diesem Eisen, aufser einem geringen Gehalt von Phosphor, welcher auf die Festig-

keit des Eisens keinen Einfluſs haben konnte, und auſser einigen Spuren von Thonerde, keine andere fremdartige Beimischung finden können, als Kieselerde, deren Gehalt zuweilen bis $\frac{3}{4}$ Procent stieg, welcher einem Siliciumgehalt von etwa 0,37 Procent entspricht. Ein so geringer Gehalt von Kieselerde löst sich in Säuren groſsentheils mit auf und es läſst sich daher auf die Abwesenheit der Kieselerde nicht schlieſsen, wenn die Säuren keinen Rückstand hinterlassen. Die saure Auflösung muſs vielmehr mit Weinsteinsäure versetzt, dann mit Ätzammoniak übersättigt und das Eisen, nebst dem Mangan, durch Hydrothion-Ammoniak niedergeschlagen werden, worauf sich dann die Kieselerde in der Flüssigkeit findet, aus welcher sie durch Abdampfen, durch Verflüchtigen der ammoniakalischen Salze und durch Einäschern des kohligen Rückstandes dargestellt werden kann.

13. Eisen und Aluminium.

Drei verschiedene Versuche mit Zusatz von Thon zum Roheisen, welche ich im Groſsen habe anstellen lassen, um den Einfluſs auszumitteln, welchen die Thonerde beim Verfrischen des Roheisens auf das darzustellende Stabeisen äuſsern würde, haben ganz dasselbe Resultat gegeben, welches bei einem Zusatz von reinem Quarzsand erhalten wird. Auf die Festigkeit des Eisens ist dieser Zusatz nämlich ohne einen auffallend nachtheiligen Einfluſs gewesen, auch haben sich bei der Analyse des Stabeisens kaum Spuren von Thonerde auffinden lassen wollen, obgleich der ganze Aluminiumgehalt durch dasselbe Verfahren, dessen so eben bei der Ausmittelung des Kieselerdengehaltes erwähnt worden, ohne allen Verlust hätte dargestellt werden können.

Eben so wenig habe ich in den bisher von mir untersuchten verschiedene Arten von Roheisen, Stabeisen und Stahl, einen wägbaren Gehalt, sondern immer nur Spuren von Thonerde, auffinden können, wodurch es mir zweifelhaft wird, ob sich die Thonerde bei den gewöhnlichen Eisenbereitungs-Prozessen überhaupt reducirt und als Metall mit dem Eisen in Verbindung tritt. Sollte dies aber der Fall sein, so muſs das Aluminium die Festigkeit des Eisens in einem hohen Grade vermindern, indem sich die stärksten Spuren von Thonerde bei dem faulbrüchigen Eisen zeigen. Die von dem Hrn. Faraday vor einigen Jahren bekannt gemachte Analyse des ostindischen Stahls oder des sogenannten Wootz, giebt Resultate, die von meinen Erfah-

rungen ungemein abweichen. Hr. Faraday hat in diesem Stahl 0,024 bis 1,3 Procent Thonerde gefunden und dem Thonerdenmetall die vortreflichen Eigenschaften des Wootz zugeschrieben, auf dem Grund dieser Analyse auch eine Vorschrift zur künstlichen Bereitung des Wootz mitgetheilt. Hiernach würde das Aluminium unter allen bisher genannten Körpern, das Mangan allein ausgenommen, das einzige Metall sein, durch dessen Beimischung die Festigkeit des Eisens wenigstens nicht vermindert wird. Hr. Faraday bemerkt ausdrücklich, dafs der Körper, den er für Thonerde erkannt habe, in Ätzkali auflöslich und dafs durch einen Zusatz von Schwefelsäure Alaun gebildet worden sei. Dafs Hr. Faraday also wirklich Thonerde gefunden hat, kann nach diesen so bestimmten Angaben gar nicht bezweifelt werden, obgleich es ungemein auffallen mufs, dafs die Auflösung des Wootz in Königswasser nichts als Eisen enthielt und dafs der ganze Thonerdengehalt in dem Rückstande gefunden ward; ein Verhalten, welches den Eigenschaften der Thonerde keinesweges angemessen ist. Die Analyse eines Stückes Wootz, von dessen Ächtheit ich überzeugt war, hat mir ganz andere Resultate gegeben. Dieser Stahl löste sich vollkommen in Königswasser auf, indem er nur einige Spuren von Kieselerde hinterliefs. Aus der sauren Auflösung wurden das Eisen und das Mangan — von welchem letzteren kaum 0,1 Procent vorhanden waren — auf die oben angegebene Weise entfernt und die Auflösung ward alsdann näher untersucht. Nach dem Einäschern des verkohlten Rückstandes, erhielt ich 0,54 Procent weifse Asche, welche aus Phosphorsäure, Kieselerde, Titanoxyd und mit Sicherheit nicht erkennbaren Spuren von Thonerde bestand. Es ergiebt sich hieraus also, dafs in dem von mir untersuchten Wootz höchstens nur eine Spur von Aluminium vorhanden war und dafs ein geringer Gehalt an Aluminium, wenigstens nicht immer, die Ursache der vortreflichen Beschaffenheit des ostindischen Stahls nicht sein kann, so dafs der günstige Einfluſs des Aluminium auf die Festigkeit des Eisens noch so sehr problematisch bleibt, dafs vielmehr ein entgegengesetztes Verhalten höchst wahrscheinlich wird.

14. Eisen und Calcium.

Frischversuche mit Zusätzen von dem reinsten carrarischen Marmor haben gezeigt, dafs die Festigkeit des dargestellten Stabeisens durch Kalkzusätze nicht allein nicht vermindert, sondern, nach dem Ausfall der stärk-

sten Proben zu urtheilen, sogar erhöhet wird. Aber weit entfernt, aus diesem Erfolge auf einen günstigen Einfluſs des Calcium auf die Festigkeit des Eisens zu schlieſsen, ergab sich vielmehr bei der Analyse, daſs das Eisen keine Spur von Calcium enthielt, und daſs die Wirkung des Marmors nur darin bestanden hatte, den geringen Phosphorgehalt des Eisens noch mehr zu vermindern.

Bei anderen Frischprozessen indeſs, bei welchen der kohlensaure Kalk in groſser Menge angewendet und während der ganzen Dauer der eigentlichen Frischarbeit zugesetzt wird, zeigt sich wirklich eine Abnahme der Festigkeit des Eisens, welche sich durch die Verminderung der Schweiſsbarkeit und durch das Aufspalten der Stäbe unter dem Hammer zu erkennen giebt. Das Eisen wird dabei weder roth- noch kaltbrüchig, aber der Zusammenhang der Theile wird durch den Mangel der Schweiſsbarkeit theilweise aufgehoben. Man pflegt ein solches Eisen gewöhnlich hadriges Eisen zu nennen. In einem solchen, durch zu starke Kalkzusätze hadrig gewordenen Eisen, wurden durch die Analyse 0,245 Procent Kalkerde aufgefunden. Dieser Kalkerdengehalt entspricht einem Gehalt von 0,1774 Procent Calcium und diese geringe Beimischung von Calcium ist schon hinreichend, den Zusammenhang der Theile des Eisens bedeutend zu vermindern.

In verschiedenen Roheisenarten, welche aus Eisenerzen dargestellt werden, die eines starken Kalkzuschlages beim Verschmelzen bedürfen, finden sich auch wohl Spuren von Kalkerde; indeſs scheint sich das Calcium doch nur selten und nur in besonderen Fällen mit dem Eisen zu verbinden.

15. Eisen und Magnesium.

Nur in einigen Roheisenarten, aber niemals in dem von mir untersuchten Stabeisen, habe ich Spuren von Magnesium gefunden, so daſs ich über den Einfluſs des Magnesium auf die Festigkeit des Eisens nicht urtheilen kann.

16. Eisen und Kalium und Natrium.

Die Alkalien verhalten sich, wenn sie beim Verfrischen des Roheisens angewendet werden, wie der kohlensaure Kalk. Die Festigkeit des Eisens

scheint durch den Zusatz von 1 bis 2 Procent von den kohlensauren Alkalien erhöhet zu werden, jedoch nur aus demselben Grunde, der oben bei der Anwendung des kohlensauren Kalkes angeführt worden ist. Fährt man mit dem Zusatz während der ganzen Dauer der Frischperiode fort, so vermindert sich die Festigkeit des Stabeisens sehr bedeutend und es wird kaltbrüchig. In einem solchen Stabeisen liefsen sich jedoch nur so geringe Spuren von Alkali auffinden, dafs eine quantitative Bestimmung des Gehaltes unmöglich war. Dafs eine so äufserst unbedeutende Beimischung von Alkalimetallen das Eisen kaltbrüchig mache, kann daher nicht als erwiesen angesehen werden, obgleich das Verhalten des Schwefels und des Silbers darauf hinweiset, dafs es in manchen Fällen nur äufserst geringer Beimischungen bedarf, um die Festigkeit des Eisens zu vermindern.

Aus allen diesen Untersuchungen ergiebt sich das, für die Eisenbereitung im Grofsen sehr unerfreuliche Resultat, dafs Minima von fremdartigen Beimischungen die Festigkeit des Stabeisens schon in einem sehr hohen Grade vermindern können. Dafs Mangan, Zink und Phosphor, welche vielleicht die häufigsten Begleiter der Eisenerze sind, am wenigsten nachtheilig auf die Festigkeit des Eisens wirken, ist ein höchst glücklicher Umstand, ohne welchen es nicht möglich sein würde, dies unentbehrliche Metall mit geringen Kosten darzustellen. Zwar ist der Schwefel ein eben so häufiger Begleiter der Eisenerze, aber glücklicherweise wird man durch das chemische Verhalten dieses Körpers in den Stand gesetzt, ihn vor der Verarbeitung der Eisenerze zum gröfsten Theil zu entfernen und einen anderen Theil in die Schlacke zu bringen. Dennoch werden aber diejenigen Eisenerze, denen viel Schwefelsalze mechanisch beigemengt sind, zur Benutzung ganz unbrauchbar. Fast unmöglich würde es dagegen sein, ein untadelhaftes, festes Eisen im Grofsen darzustellen, wenn Silber, Kupfer, Arsenik, Zinn oder Antimon stets in Verbindung oder gemengt mit den Eisenerzen vorkämen. Ein solches Vorkommen gehört glücklicherweise zu dem sehr seltenen; wo es aber statt findet, da wird es schwerlich gelingen, jemals ein festes Stabeisen zu erzeugen. Kieselerde und Thonerde, diese steten Begleiter der Eisenerze, wirken zwar ebenfalls sehr nachtheilig auf die Festigkeit des Eisens; aber sie lassen sich doch bei einer sorgfältigen Arbeit, wenn gleich nicht ohne Verlust an Eisen, bei dem Frischprozefs abscheiden, so

dafs sie noch die Möglichkeit der Darstellung eines festen Eisens, wenn gleich nur mit einem gröfseren Kostenaufwande, gestatten.

Mit diesen Erfahrungen stehen die Resultate im Widerspruch, welche die Herren Faraday und Stodart vor einigen Jahren aus ihren Versuchen gezogen haben. Sie fanden kein einziges Metall, welches, in kleinen Quantitäten angewendet, der Beschaffenheit des Stahls nachtheilig gewesen wäre. Die mehrsten Legirungen trugen vielmehr dazu bei, die Güte des Stahls zu verbessern. Ganz vorzüglich gut sollen sich die mit Silber und Aluminium legirten Stahlarten verhalten haben. Dieser Widerspruch läfst sich nur dadurch heben, dafs man den Verbindungszustand der Metalle näher ins Auge fafst. Die von den Herren Stodart und Faraday dargestellten Legirungen, sind gewifs keine Legirungen, sondern nur Gemenge und in einzelnen Fällen vielleicht bestimmte Verbindungen des Legirungsmetalles mit Eisen, gemengt mit der übrigen Masse des Stahls. Die Damastzeichnungen, welche alle diese Stahlarten beim Beitzen mit Säuren gegeben haben, so wie die Erscheinungen, welche sich beim Auflösen dieser Stahlarten in Säuren darboten, setzen es aufser Zweifel, dafs sich das Eisen, die Kohle und das angewendete Legirungsmetall, nicht in gleichartiger chemischer Verbindung durch die ganze Masse befinden konnten. Unbezweifelt hat die Kohle, die im Stahl schon mit dem Eisen vereinigt war, diese chemische Verbindung des Legirungsmetalles mit dem Stahl verhindert, so dafs nur Gemenge von Stahl mit dem Legirungsmetall, oder von Stahl mit einer wirklichen Verbindung des Legirungsmetalles mit einer kleinen Quantität Eisen, entstehen konnten.

Wenn sich dagegen nicht blofs die Festigkeit und Härte des Eisens, sondern zum Theil auch sogar die Farbe desselben ändert und wenn die Auflöslichkeit in den Säuren so bedeutend vermindert wird, wie es bei den mehrsten von den hier angeführten Legirungen der Fall ist; so darf wohl nicht daran gezweifelt werden, dafs beide Metalle sich in chemischer Vereinigung mit einander befinden, obgleich es höchst merkwürdig bleibt, dafs nicht blofs das physikalische, sondern auch das chemische Verhalten eines Körpers, schon durch ein Minimum einer Beimischung sehr wesentlich verändert werden kann. Weil sich aber der Cohäsionszustand eines Metalles, schon durch so überaus geringe Beimischungen eines fremden Körpers in einem hohen Grade verändert, so kann es nicht mehr befremden, wenn

Beimischungen von mehreren Procenten im Stande sind, Abänderungen in der ganzen äufseren Form des Körpers hervorzubringen, die sich in manchen Fällen durch veränderte Krystallgestalt zu erkennen geben kann.

Unter allen Körpern die hier genannt worden sind, ist kein einziger, von dem sich behaupten liefse, dafs er die Festigkeit des Eisens vergröfsere, selbst wenn er dem Eisen nur im Minimo beigemischt ist. Gröfsere Beimischungen müfsten daher noch einen nachtheiligeren Einflufs auf die Festigkeit des Eisens hervorbringen. Es ergiebt sich daraus, was von den vielen, in neueren Zeiten in Vorschlag gebrachten Legirungen des Eisens und des Stahls, zu halten ist. Die sogenannten Legirungen des Stahls mit Aluminium, Silber, Platin, Chrom, Nickel u. s. f. sind nur mechanische Gemenge, welche nicht dazu beitragen, die Festigkeit des Stahls zu vermehren; obgleich sie, unter besonderen Umständen, gestatten, dafs dem Stahl, auf Unkosten seiner Festigkeit, eine gröfsere Härtung gegeben werden kann, als sonst der Natur desselben angemessen sein würde.

Merkwürdig bleibt es aber, dafs die Kohle — welche, im Maximo ihrer Verbindung mit dem Eisen, die Festigkeit desselben wenigstens um $\frac{3}{4}$ vermindert — dem Eisen wirklich eine gröfsere Festigkeit zu ertheilen scheint, wenn der Kohlegehalt des Eisens nicht viel über $\frac{1}{2}$ Procent beträgt. Vielleicht ist dieser Erfolg nur der durch den Kohlegehalt verminderten Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit des Eisens zuzuschreiben, indem alle Versuche zur Ausmittelung der Festigkeit der Körper nur auf solche Weise angestellt werden können, dafs der Körper dabei ausgedehnt oder zusammengedrückt wird. Diesem Umstande ist es auch zuzuschreiben, dafs die relative Festigkeit des weifsen Roheisens in einem sehr hohen Grade gröfser ist, als die relative Festigkeit des Stahls, des grauen Roheisens und des Stabeisens, obgleich das weifse Roheisen, von allen Eisenarten die geringste absolute und respektive Festigkeit besitzt.

Die Werke von Marcgrave und Piso
über
die Naturgeschichte Brasiliens,
erläutert
aus den Original-Abbildungen
von
Hrn. LICHTENSTEIN.*)

IV. Fische.

Fortsetzung der am 27. Juni 1821 gelesenen Abhandlung

Cap. VIII. p. 155.

Acarapitamba. Das Original des hier gegebenen Holzschnitts (L. P. I, 355.) ist von Bloch unter dem Namen *Sparus chrysurus* auf seiner 262sten Taf. in doppelter Vergrößerung ziemlich gut copirt, nur zeigt dasselbe den Mittel- und Bauchstreif mit Gold aufgehöht und den übrigen Leib mit jenen schönen glänzenden Punkten bedeckt, von welchen im Text die Rede ist. Am wenigsten gelungen ist die Nachbildung des Kopfs, dessen Kiemendeckel in den beiden letzten Lamellen deutlich zugespitzt erscheinen, da sie in der Copie, so wie selbst in dem nach dieser Zeichnung gemachten Holzschnitt Marcgrave's nicht nur stumpf, sondern zugerundet und aufgetrieben vorgestellt sind. Immer wird die Annahme, es sei dieser Fisch eine Art der Gattung *Sparus* willkürlich erscheinen müssen, da zu Vieles, worauf ich hier nicht ausdrücklich aufmerksam zu machen brauche, indem Bloch's übrigens und besonders den Umrissen nach gut nachgeahmter Kupferstich vorliegt, von den allgemeinen Kennzeichen abweicht, mit welchen man die Gattung *Sparus* zu charakterisiren pflegt.

Zu welcher andern Gattung der neuern Systeme aber dieser Fisch zu zählen sein dürfe, wird fürerst schwer zu entscheiden sein, da bis jetzt meines Wissens noch kein Exemplar desselben in die Europäischen Sammlungen

*) Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 10. August 1826.

gekommen ist. Vielleicht möchte er entweder der Gattung *Sciaena* oder der der Gattung *Otolithes* zuzuzählen sein, denn dafs die Kiemendeckel nackt seien, läfst sich aus der Abbildung keinesweges abnehmen, vielmehr sind sie ganz mit derselben feingestrichelten Zeichnung dargestellt, die auf dem Leib die feine Schuppenbildung versinnlichen soll. Überhaupt hat Bloch in der Beschreibung dieses seines *Sparus chrysurus*, die ganz allein auf dieser Abbildung beruht, abermals die grofse Flüchtigkeit gezeigt, der man ihn leider so oft beschuldigen mufs, und so z. B. von den Augen etwas gesagt das nicht nur gegen Marcgrave's Worte und jene Originalabbildung, sondern sogar gegen seine eigene Abbildung streitet. Richtig giebt er den Namen *Acarapitangiaba* als den, mit welchem die Abbildung des Prinzen bezeichnet ist. Piso dagegen (p. 51.) nennt diesen Fisch *Acarapitamba* unter Wiederholung des Marcgraveschen Holzschnitts; mit diesem Namen aber ist in der Sammlung der Ölgemälde I. M. p. 187. ein ganz anderer Fisch bezeichnet, in welchem wir wohl ziemlich unverkennbar eine Art der Gattung *Sciaena* erblicken, die an Gröfse und Gestalt noch die mehrste Ähnlichkeit mit einer uns aus Brasilien zugekommenen neuen Art: *Sciaena aurata N.* hat. Piso's Beschreibung, indem sie von der Marcgraveschen in so vieler Hinsicht abweicht, und den Fisch einem Karpfen vergleicht, scheint sich in der That auch, zum Theil wenigstens, auf ihn zu beziehen. Von dem hier bei dem Holzschnitt hinzugefügten Schmarotzer findet sich nirgends eine Originalabbildung, es mufs also unentschieden bleiben, ob man eine *Cymothoa* oder irgend eine andere Form von Onisciden darin erkennen soll.

Jaguaçaguare. Linné bezieht diesen Namen (S. N. XII, p. 466.) auf den von ihm in seinen andern Werken aufgestellten *Chaetodon saxatilis*, welchen Bloch Tab. 206. Fig. 2. abgebildet und III, p. 96. beschrieben hat, wo, wie es scheint, unbegreifliche Verwechselungen dieses Fisches mit dem *Gasterostes ductor* vorgehn. Die Exemplare der Blochschen Sammlung, die mit der Abbildung übereinstimmen, gehören unläugbar der Gattung *Glyphisodon* an, zu welcher Cuvier mit Recht auch die verwandten Species *Ch. maculatus, Ch. bengalensis, Ch. marginatus* u. s. w. zählt, und dabei die Vermuthung aufstellt, dafs sie theilweise wohl in einander übergehen dürften. Der Holzschnitt, den Piso wiederholt, ist nicht von einer Originalabbildung entlehnt, die noch vorhanden wäre, stimmt aber so genau mit der Beschreibung, dafs man an keine Verwechselung denken kann.

Dagegen ist eine Zeichnung unter dem Namen *Jaguaçaguare* (L. P. I, p. 345.) vorhanden, die Bloch als eigne Species mit dem Namen *Chaetodon Mauritii* (Tab. 213. Fig. 1.) vorgestellt hat, die aber hauptsächlich nur darin abweicht, dafs statt der 5 schwarzen Querstreifen 6 und zwar schmälere vorhanden sind. Auch hier hat sich Bloch mancherlei Willkürlichkeit erlaubt, z. B. 11 harte Strahlen in der Rückenflosse angegeben, da doch nur 10 vorhanden sind, die Haut zwischen denselben verlängert, den weichen Flossentheil vergröfsert, und nun vollends die Afterflosse mit einer bestimmten Zahl von Strahlen in ein angemesseneres Verhältnifs zur Rückenflosse gesetzt und abgerundet, da sie doch in der Zeichnung nur in Gestalt eines kleinen Dreiecks und wie ganz ohne Strahlen angedeutet ist. Indem nun die Zahl der farbigen Rückenstreifen wohl schwerlich als ein ganz constantes Merkmal zu betrachten sein dürfte, und da überdiefs die Abbildung des Prinzen den Marcgraveschen Namen führt, so möchte sich das Urtheil wohl rechtfertigen, dafs der *Chaetodon Mauritii* nicht eine vom *Ch. saxatilis* wesentlich verschiedene Art sei. Neben dem Bilde steht von des Prinzen eigner Hand geschrieben: 1 Fufs grofs. Bloch's Angabe, dafs er 2 Fufs lang werde, ist also ganz unbegründet.

Curimata. Diese Stelle wird von Bloch VIII, p. 105. zu seinem Tab. 381. F. 3. abgebildeten *Salmo unimaculatus* gezogen; in dem *Syst. Ichthyol.* erscheint der Fisch dann als eigne Species unter dem Namen *Salmo Curimata*, und der *Charax* Gronov's, der von Bloch beim *S. unimaculatus* citirt ist, wird nun als hierhergehörig angeführt. Die Diagnose spricht wahrscheinlich deshalb abermals von einem runden schwarzen Fleck auf der Seite, der aber weder in den Abbildungen, noch im Marcgraveschen Text erwähnt wird. Das Original zu dem hier beigefügten Holzschnitt findet sich in der Menzelschen Sammlung p. 205. und heifst hier *Curemata*; es ist eine der schlechtesten Abbildungen, die nur vorläufig angelegt und unvollendet zu sein scheint; letzteres trifft besonders den Kopf, dessen abentheuerliche Gestalt in dem Holzschnitt einigermafsen verbessert hat wiedergegeben werden sollen. Aus beiden wird nun so viel ersichtlich, dafs dieser Fisch ebensowenig Bloch's *S. unimaculatus* als der *Charax* Gronov's sein könne, und dafs, wenn man eine Species darauf gründen wollte, hier eine durchaus andere Diagnose gegeben werden müfste, die aber jedenfalls nur unvollständig ausfallen könnte, weil hier ebensowenig etwas von einer Seitenlinie als von

einem Seitenfleck zu sehen ist. Ich glaube noch bemerken zu müssen, dafs an den Exemplaren der Blochschen Sammlung, von welchen Bloch seine Abbildung des *S. unimac.* nehmen liefs, ein heller Silberstreif, fast von der Breite des Augendurchmessers die Seitenlinie begleitet, der ebensowenig in der Abbildung als im Text eine Andeutung erfährt. Das gröfste der Blochschen Exemplare hat nur 4 Zoll. Die Abbildung des *Curimata* mifst 9 Zoll.

Piramelara. Dieser Fisch ist von Gmelin als bloſse Varietät von *Mullus surmuletus* betrachtet, von Bloch mit Recht zu einer eigenen Species unter dem Namen *M. maculatus* erhoben, und von Marcgrave so ausführlich beschrieben, dafs, da er überdiefs auch von Klein gekannt ist, kein Zweifel über ihn Statt finden kann. Die Bloch'sche Abbildung Tab. 348. ist nach der Originalabbildung des Prinzen (II. 364.) gemacht worden, und weicht nur darin von ihr ab, dafs 1) die Flossen nach Bloch's gewohnter Weise vollständig und mit einer bestimmten Zahl von Strahlen ausgemalt sind, die sich schwerlich aus dem Original wird rechtfertigen lassen, 2) dafs die 3 grofsen schwarzen Flecken weiter auseinander, und der letzte der hintern Rückenflosse näher, stehen; endlich dafs der im Text angegebene und auch in der Abbildung sehr deutlich ausgedrückte Goldsaum des Schwanzendes ganz übersehen worden ist; auch ist dieses Original um $\frac{1}{3}$ kleiner als Bloch's Copie. Der dem Original treuer nachgebildete Holzschnitt dieses Fisches ist am Ende des 18. Cap. im Marcgr. hinzugefügt.

Cap. IX. p. 157.

Tareira d'Alto. Es ist noch von Niemand versucht, diese Stelle zu deuten, obgleich ein Holzschnitt hinzugefügt ist, in welchem man eine Art der Gattung *Sphyraena* ohne grofses Bedenken vermuthen darf, und ohne dafs im Text etwas gesagt wäre, was gegen diese Vermuthung stritte. Allein leider ist gar keine Originalabbildung zu diesem Holzschnitt zu finden, und der Gedanke, dafs die *Sphyraena vulgaris* (*Esox sphyraena* Lin.) damit gemeint sein könne, läfst sich nur aus den Umstand rechtfertigen, dafs dieser an den Brasilischen Küsten sehr gemeine Fisch, der unserm Marcgrave gewifs nicht unbekannt geblieben sein kann, von ihm an keiner andern Stelle erwähnt wird; jedoch läfst sich dagegen sagen, dafs die Kopfform, die Umrisse des Leibes und die Verhältnisse der Flossen nicht vollkommen getroffen sind, und dafs uns wenigstens von keinem andern Reisenden bis jetzt etwas

von den schönen Farben berichtet worden ist, deren Marcgrave erwähnt. Unter solchen Zweifeln mufs die Entscheidung späterer Forschung anheim gestellt bleiben.

Tareira de Rio. Dieser Fisch dagegen ist schon aus der Beschreibung sehr leicht und deutlich für den *Synodus Tareira* des *Syst. Ichthyol.* oder *Erythrinus Tareira* Gron. Cuvier zu erkennen; wiewohl der Holzschnitt manches Abweichende in Gröfse und Stellung der Flossen zeigt. Das Original desselben steht aber unter demselben Namen L. P. I, 373, und giebt die Flossen in ihrer richtigen Stellung und Gröfse zu erkennen. Man lernt auch aus diesem Beispiel, wie wenig genau die Künstler welchen de Laet die Anfertigung der Holzschnitte übertrug beim Nachahmen ihrer Vorbilder verfahren sind. Eine andere Abbildung findet sich I. M. I, p. 213.

Piratiapia. Die Originalabbildung dieses Fisches ist von Bloch auf seiner 229ten Tafel, der er den Namen *Bodianus Apoa* hinzufügt, ziemlich gut wiedergegeben worden, nur sind die schwarzen Rückenflecken zu klein und zu regelmäfsig in 2 Reihen gestellt worden; auch ist an der vorderen Kiemendeckelplatte ein ausspringender Winkel, der in dem Original vermifst wird, und der wenn er wirklich so vorhanden wäre, es bedenklich machen könnte, diese Art unter die Gattung *Bodianus* zu stellen, von welcher der *Pirati apoa*, denn so heifst er im Original (Piso schreibt aber *Piratiapua*) noch in so manchen andern Punkten abweicht, dafs wohl schwerlich sein rechter Platz im System eher auszumitteln sein wird, als bis man ihn selbst genauer kennt.

Ceixupira. Nachdem diese Stelle von Willughby, Ray und Johnston abgeschrieben war, und der Brasilische Namen dadurch schon einige Celebrität gewonnen hatte, ist er zuerst von Klein unter den Scomber-Arten aufgeführt, dann von Bloch mit dem Namen *Scomber niger* belegt, unter Beziehung auf *Barbot*, der einen ähnlichen Fisch an der Afrikanischen Küste entdeckt hatte. Bloch's Abbildung (Tab. 337.) hat die Originalzeichnung (L. P. I, 331.) nicht ganz treu wiedergegeben. Sie zeigt nehmlich 6 freie Stacheln vor der Rückenflosse, Bloch giebt dem Fisch deren 8 nach Anleitung des Marcgraveschen Textes. Ihr fehlen ferner die Bauchflossen gänzlich, wiewohl sie auch durch die herabgezogenen Brustflossen versteckt sein können, Bloch läfst diese letztern von seinem Zeichner an dem Leib des Fisches gehörig zurecht legen, und die Bauchflossen

wie sie Marcgrave beschreibt, weifs mit schwarzer Einfassung hinzumalen. Es verdient jedoch bemerkt zu werden, dafs uns aus Brasilien ein ächter *Scomber*, dem die Bauchflossen fehlen und der in unserm Museum *Sc. apus* heifst, zugekommen, der aber übrigens mit diesem *Sc. niger* gar keine Ähnlichkeit hat.

Cap. X. p. 158.

Guamajacu guara. Mit dem Namen *Guamajacu* oder, wie es bei den Originalabbildungen geschrieben wird (was aber gleichbedeutend ist, vergl. Marcgr. p. 275, II.), *Guambajacu*, wird in dem Brasilianischen Dialekt der Tupis, den Marcgrave gebraucht, die Gattung der Stachelfische, *Diodon*, belegt, und Marcgrave beschreibt davon hier 2 Arten, nemlich den *Guamajacu guara* und den *Guamajacu ati*, weiterhin (p. 168.) kommt noch ein *Guamajacu atinga* vor. Linné hat diese Namen und die hier gegebenen Beschreibungen, als er die Gattung *Diodon* in seiner 10ten Ausgabe aufstellte, unberücksichtigt gelassen, und sich begnügt zu wiederholen, was Seba, Artedi, besonders aber Gronovius darüber angenommen hatten. Diesen ist nun der erstgenannte von diesen dreien der ächte *D. hystrix*, den zweiten, weil er hier ohne Abbildung, und selbst ohne Namen erscheint, übergehen sie ganz; aus dem dritten machen sie die Species *D. Atinga*. Bloch führt nun beide diese Species unter den hier angegebenen Namen ohne Berücksichtigung der von Marcgrave gegebenen Notizen, in seinem Fisch-Werke auf, und bildet sie nach den Exemplaren seiner Sammlung ab, fügt auch eine dritte Art unter dem Namen *D. orbicularis* hinzu; diese letztere will Schneider (*S. Ichthyol.* p. 512.) wieder mit *D. hystrix* vereinigen, giebt aber dagegen wieder eine neue Art, unter dem Namen *D. geometricus*, mit einer Abbildung nach einem Exemplar der Blochschen Sammlung, fügt auch kritische Notizen von einigen zweifelhaften Species in den Nachträgen hinzu. Dies alles berechtigt Cuvier wohl hinreichend zu dem (R. An. II. p. 147.) gemachten Ausspruch, dafs die Arten dieser Gattung bis jetzt keinesweges hinreichend unterschieden worden seien. In der That bedürfen sie einer wiederholten recht genauen Bearbeitung, die aber nur mit Hülfe einer sehr reichen Sammlung von ihnen mit einigem Erfolg zu unternehmen sein dürfte, und zu welcher auch ohnehin hier der Ort nicht wäre. Nur so viel will ich bemerken, dafs Bloch's *D. Atinga* und *D. hystrix* schwerlich einige wesentliche Verschiedenheit haben dürften, indem sein

D. hystrix nur der mehr aufgeblasene *D. Atinga* zu sein scheint; weshalb denn auch Schneider um so mehr irrt, wenn er den in der That ganz wesentlich unterschiedenen *D. orbicularis* (einen nach meiner Vermuthung den ostindischen Gewässern angehörigen Fisch) mit demselben vereinigen will.

Der *Guamajacu guara* nun, dessen Abbildung in den Büchern des Prinzen II, p. 304. unter dem wahrscheinlich irrigen Namen *Guambajacu ati* gegeben wird, scheint nach dieser und der Marcgraveschen Beschreibung dazu, in der That nichts anders als was Linné und seine Vorgänger *D. hystrix* genannt haben, insofern diese Alle darunter die langstreckige Art mit besonders an den Seiten langen rundlichen Stacheln verstehen, und die kugeligere Form mit kürzeren dreiseitigen Stacheln *Atinga* nennen, indessen Bloch diese Namen grade im entgegengesetzten Sinne anwendet. Ich darf nicht mit Stillschweigen übergehen, dafs, wiewohl der Marcgravesche Holzschnitt, den Piso p. 300. wiederholt, unläugbar nach der oben angeführten Originalabbildung verfertigt worden ist, er dennoch sie nur unvollkommen wiedergiebt, indem er die Mundöffnung kaum andeutet, und statt der dicht gedrängten, besonders an der Seite längern Stacheln sie alle von gleicher Länge, viel dicker und zerstreuter stehend darstellt. Die Dimensionen sind vom Prinzen Moritz auf $1\frac{1}{2}$ Fufs Länge und 1 Fufs Umfang angegeben.

Indessen nun noch eine zu erwartende kritische Bearbeitung bei diesem Fisch manche Schwierigkeit zu überwinden haben wird, lösen sich die Zweifel wegen der folgenden desto leichter und befriedigender. Zu den ohne Namen und Abbildung hier gegebenen Worten: *Habui alium* u. s. w. findet sich nehmlich eine Abbildung L. P. II, 382. mit dem Namen *Guambajacu ati*, deren Kennzeichen sehr gut mit denen des *D. geometricus* Schneid. übereinstimmen, wenn man annimmt, dafs die grünliche Farbe, von der Marcgrave spricht, an dem noch jetzt in unserer Sammlung befindlichen Exemplar, das auf der 96ten Tafel des *Syst. Ichthyol.* in viel zu lebhaften Farben abgebildet ist, durch Ausbleichen verloren gegangen sei. Die beiden häutigen Fortsätze über den Augen, deren Marcgrave erwähnt, sind noch jetzt deutlich an unserm Exemplar zu erkennen. Schneider dagegen, ohne das Zutreffen dieser Stelle auf seinen *D. geometricus* zu bemerken, spricht von röhrenförmigen Nasenlöchern, die allerdings da sind, aber wohl eben nicht länger als bei den andern Arten dieser Gattung auch, und die er deshalb

auf der Zeichnung nicht so auffallend hätte hervorheben sollen. Was Marcgrave meint, sind dagegen ein Paar zugespitzte Hautfäden, die neben dem vordern Stachel über dem Augenrande stehen, und ganz ähnliche finden sich demnächst auch noch neben einigen Stacheln an den Seiten des Hinterleibes. Die Originalabbildung gehört übrigens zu den unvollkommneren, wiewohl die schwarzen Flecken nach ihrer Stellung und ihrem Umfang richtig angedeutet sind. Der Prinz giebt dem Fisch einen Umfang von 1 Fufs.

Es scheint zweckmäfsig hier gleich auch von der dritten Art zu reden, wiewohl diese erst im 14. Cap. p. 168. unter dem Namen *Guamajacu atinga* von Marcgrave abgehandelt wird. Der merkwürdige Umstand, dafs nach den sehr bestimmten Worten Marcgrave's die Bauchseite ohne Stacheln und weich wie die Haut eines Frosches sein soll, wie es auch der Holzschnitt und das Original desselben L. P. I, p. 303. und unter dem Namen *Guamayacu atinga* andeuten, macht es sehr zweifelhaft, ob der Name *Atinga* nicht von allen bisherigen Schriftstellern sehr mifsbräuchlicher Weise auf eine der oben erwähnten ganz mit Stacheln umgebenen Arten angewendet worden sei. Diese Nacktheit, die meines Wissens an keiner bis jetzt bekannten Art dieser Gattung bemerkt worden ist, einem jugendlichen Zustand zuzuschreiben, verbieten sowohl die von Marcgrave als dem Prinzen angegebenen Dimensionen, die nach Letzterem bis zu einer Länge von $1\frac{1}{2}$ Fufs sollen betragen können. Die ganze Stelle bleibt also durch etwanige spätere Entdeckung einer solchen Art noch zu erläutern, und es wird genug sein, zu diesem Behuf hier noch zu bemerken, dafs die Originalzeichnung die Farbe des Fisches auf der Oberseite blau-grau marmorirt, auf der untern röthlich darstellt, indessen sämmtliche Flossen gelblich colorirt sind. Die drei auf dem Holzschnitt so sehr scharf vorspringenden runden schwarzen Flecken darf man ja nicht für charakteristisch nehmen, denn sie treten in der Originalzeichnung nur undeutlich und unregelmäfsig hervor. Die Stacheln werden aber auch von ihr, zerstreut und kurz dargestellt.

Piquitinga. Schon Linné hat diese Stelle gedeutet, indem er sie zu seinem *Esox Hepsetus* citirt, obgleich sie seiner in den *Amoenit. academ.* gegebenen Beschreibung desselben nach der Stellung der Flossen offenbar widerspricht. Die Originalabbildung der Menzelschen Sammlung I, p. 161. zeigt noch mehr als der Holzschnitt selbst, Ähnlichkeit in der Form des Kopfes mit der, der Gattung *Atherina* eigenthümlichen. Die einfache Rücken-

flosse läfst es jedoch nicht zu, den *Piquitinga* zu *Atherina* zu rechnen. Ich mufs daher Cuvier's Meinung annehmen, es sei dieser Fisch unter *Clupea* und zwar der Untergattung *Engraulis* einzuschalten, und mit der *Atherina Brownii* und vielen andern Synonymen zu vereinigen.

Araguaga, ein Sägefisch, von Gmelin und Bloch zum *Squalus Pristis* citirt, von den späteren Ichthyologen meines Wissens nicht weiter beachtet. Der Holzschnitt, so wie die ihm zum Grunde liegende Originalabbildung, an welcher die Zähne der Säge sehr kurz erscheinen, könnte auf die Vermuthung führen, man hätte es hier mit einer der kurzzähnigen Arten, z.B. mit *Latham's Pr. microdon,* oder Schneider's *Pr. granulosa* zu thun, weil die von Marcgrave angegebene Zahl der Zähne mit der der letztern übereinstimmt. Doch ist bekannt, wie sehr die Zahl der Zähne bei den Individuen, vielleicht nach dem Alter, variirt, und überberhaupt dürfte *Pr. granulosa*, die ganz allein auf einer Abbildung bei Parra beruht, der körnigen Kieferzähne wegen wohl schwerlich auf eine Unterscheidung als eigne Art Anspruch machen. Darum scheint es mir am natürlichsten, in diesem *Araguaga* auf die an den Südamerikanischen Küsten gemeinste Art, die *Pr. canaliculata Lath.* nemlich, zu muthmafsen. Zur Erläuterung dessen was Marcgrave weiterhin so ausführlich zur Beschreibung dieser Art beibringt, verdient wohl noch bemerkt zu werden, dafs der *Panapana*, mit dem er sie dort vergleicht, und der wenigstens als Fischname von ihm selbst weiter nicht gebraucht wird, sondern der nur als Name für einen grofsen Schmetterling p. 249. vorkommt, in der Originalabbildung L. P. II, p. 218. einen *Squalus Zygaena* darstellt.

Camuri. Ein Fisch, auf dessen Ähnlichkeit mit dem Hecht sowohl von Marcgrave als von Piso am mehrsten Gewicht gelegt wird, den aber noch Niemand zu deuten versucht hat, obgleich Piso p. 74. eine Abbildung davon giebt, und in vielen Worten, freilich ohne erheblichen Inhalt, davon handelt.

Unsre Hülfsmittel verlassen uns auch hier nicht, die Originalabbildung in der Menzel'schen Sammlung p. 163. vollendet in ihrer sorgfältigen Ausführung das durch Marcgrave's Beschreibung entstehende Bild zu einer solchen Klarheit, dafs ich mit voller Gewifsheit diesen Punkt dahin aufklären kann, der *Camuri* sei nichts anders als der von Bloch Tab. 303. unter dem Namen *Sciaena undecimalis* abgebildete Fisch, welchen Schneider

der Gattung *Platycephalus* beigesellt, aus welcher ihn Cuvier mit Recht wieder verbannt, ohne ihm indessen eine andere Stelle anzuweisen. Die Exemplare unsers Museums, von welchen das eine das von Bloch abgebildete aus Jamaica, das andere uns aus Brasilien zugekommen ist, fügen sich am leichtesten dem Gattungsbegriff von *Perca*, wiewohl sie in der sehr merkwürdigen Ähnlichkeit ihrer Schnauze mit der des Hechtes, in der entfernt von der Afteröffnung anfangenden Afterflosse und in der sehr breiten und markirten Seitenlinie von den gewöhnlichen Formen dieser Gattung so sehr abweichen, dafs man vielleicht eine eigne Gattung daraus bilden könnte. Alles Übrige wird sich leicht aus der Beschreibung von Marcgrave, verglichen mit den ganz unabhängig von dieser gemachten Bloch'schen und Schneiderschen entnehmen lassen. Ich habe nur zu bemerken, dafs Bloch's Abbildung den Hinterkopf dieses Fisches viel gewölbter vorstellt als er ist, da er im Gegentheil bis zum Anfang der ersten Rückenflosse fast gradlinig verläuft, und zweitens, dafs der Holzschnitt bei Piso eine ganz verfehlte Nachbildung des Originals ist, bei welcher die Absicht ihr eine Ähnlichkeit mit der Gestalt des Hechtes zu geben, nicht ohne Einfluſs gewesen zu sein scheint.

Cap. XI. p. 160.

Guaracapema. Fast sämmtliche Naturforscher seit Linné's Zeit beziehen diese Stelle auf *Coryphaena Equiselis*, welche wiederum von den Neuern als nicht hinreichend verschieden von *C. Hippuris* mit dieser vereinigt zu werden pflegt, welcher Meinung ich zur Zeit auch nichts entgegenzusetzen habe. Zu bemerken ist nur, dafs der hier gegebene Holzschnitt, bei einer dereinstigen genauern Prüfung dieses Punktes, nicht mit in Anschlag gebracht werden darf, indem er keineswegs eine Nachbildung der recht hübschen Zeichnung L. P. I, 335., sondern der Bequemlichkeit halber aus de Laet's *Descriptio Indiae occidentalis* p. 57. entlehnt ist. Der Fisch *Petumbo*, der die Nahrung des *Guaracapema* ausmachen soll, findet sich nirgends weiter erwähnt, soll aber wahrscheinlich der *Petimboaba* (*Fistularia tabacaria*) sein.

Mucu. Alle Schriftsteller citiren diesen Fisch zum *Trichiurus lepturus*; wie es scheint, einzig nach der Abbildung urtheilend, und ohne die Marcgravesche Beschreibung genau durchgelesen zu haben, die in allen

ihren Theilen dem Bilde gradezu widerspricht. Dies fühlt selbst de Laet, der in einer eignen Anmerkung gesteht, dafs er diese Abbildung aus seiner *Descriptio Americae* (p. 573.) entlehnt habe, weil ihm von jemand die Versicherung gegeben sei, dieser Fisch, den er zwar dort *Ubirre* nennt, heifse auch *Mucu*. Diese Abbildung ist also ganz von der Beschreibung zu trennen; die Beschreibung aber bezieht sich auf einen *Synbranchus*, wie auch aus der Abbildung L. P. I, p. 388. deutlich genug erhellt, an welcher freilich nur die schlaffen Hautflossen eben so wenig angedeutet werden, als Marcgrave ihrer im Text erwähnt hat. Soll nun die Species angegeben werden, so pafst, was von der Farbe gesagt ist, unter den bekannten Arten am besten auf den *S. immaculatus*, noch besser jedoch wegen der leberbraunen Unterseite und der in stumpfen Winkeln zusammenstofsenden durchscheinenden Muskellagen, welche Marcgrave Querlinien nennt, auf eine neue Art, die Hr. v. Olfers unserm Museum aus Brasilien übersandte, und die wir in der Überzeugung, es sei der Marcgravesche Fisch, mit dem Namen *S. Mucu* belegt haben. Das charakteristische Merkmal, durch welches diese Art von den andern abweicht, besteht darin, dafs die Rückenflosse schon so hoch anfängt, dafs sie drei Viertel der Leibeslänge beträgt, indessen sie bei den übrigen Arten, mit Ausnahme des Schneiderschen *S. transversalis* (wo sie ohngefähr in der Mitte der Oberseite ihren Anfang nehmen soll), nur ein Viertel der Leibeslänge mifst; an diesem *S. transversalis* aber soll die Kiemenöffnung eine Querspalte sein, hier ist sie rund.

Nicht unerheblich scheint mir Marcgrave's Bemerkung, dieser Fisch könne die Kehle aufblasen (wahrscheinlich mit Wasser), und in der That haben alle Arten dieser Gattung die Kehlhaut so auffallend der Länge nach gefaltet, dafs dies Vermögen sehr wahrscheinlich wird. Vom *S. immaculatus* mufs ich noch bemerken, dafs er keineswegs, wie im *Syst. Ichthyol.* angegeben wird, allein in Tranquebar zu Hause ist, denn Bloch XII, p. 28. sagt ausdrücklich, er habe ein Exemplar aus Surinam, das andere aus Tranquebar erhalten, beide besitzen wir noch, sie sind sich so ähnlich, dafs mir die letztere Angabe um so mehr verdächtig wird, als auch wir den *S. immaculatus*, nur gröfser und dunkler gefärbt, aus Süd-Amerika erhalten haben.

Abacatuaja. Ganz auf dieselbe Weise wie bei dem *Mucu* ist durch Hinzufügung eines Holzschnittes, der, wie de Laet selbst gesteht, abermals aus der *Descriptio Americae* entlehnt ist, grofse Verwirrung angerichtet wor-

den, denn die Beschreibung giebt, wie Cuvier sehr richtig gemuthmafst hat, zu erkennen, dafs hier der an den Amerikanischen Küsten, und wahrscheinlich nur dort häufig vorkommende *Zeus Vomer* gemeint sei, und diesen stellen auch die Originalabbildungen L. P. I, 399. und I. M. I, p. 31. fig. 2. ganz unverkennbar dar, indessen man in dem Holzschnitt nur den in Ostindien anzutreffenden *Z. Gallus* erkennen kann, zu welchem ihn auch Linné und die übrigen Systematiker zu beziehen pflegen. Bloch hat die Verwirrung vermehrt, indem er die in seinem Werk Tab. 192. gegebene Abbildung eines aus Ostindien erhaltenen Exemplars vom *Z. Gallus* nach der Originalabbildung in der Sammlung des Prinzen hat coloriren lassen, in der Meinung, er habe es hier wirklich mit demselben Fisch zu thun; die Stelle im Text, wo er dies gesteht, kann denn leicht so verstanden werden, als sei die hier gegebene Abbildung wirklich nach der Zeichnung des Prinzen entworfen. Die Abbildung, welche hierher gehören würde, ist aber an einer ganz andern Stelle des Marcgraveschen Werks benutzt, nehmlich p. 145., neben der Beschreibung des *Guaperva* (*Chaetodon arcuatus*) aber auch sie ist, wie ich bereits zu jener Stelle bemerkt habe, nicht aus den Originalabbildungen des Prinzen, sondern aus jenem ältern Werke de Laet's entnommen. Der Zweifel, ob *Z. Gallus* auch an den Amerikanischen Küsten vorkomme, wird also durch diese Auseinandersetzung verneinend gehoben. Bemerkenswerth ist vielleicht nur noch die Übereinstimmung des von de Laet für den *Z. Gallus* angegebenen Malayischen Namens *Awah-Kattu* oder *Jahwe* mit dem Brasilischen *Abacatuaja* für den *Z. Vomer*.

Acarapeba oder *Acaratinga*. Mit dem letztern Namen ist die Originalzeichnung L. P. 347. bezeichnet, von der wohl deswegen kein Holzschnitt zu dieser Stelle angefertigt wurde, weil sie nur mit Bleistift angelegt und nicht ausgemalt ist, der Prinz hat aber dazu geschrieben: „Dieser Fisch ist ganz wie Silber." Indessen die Gestalt sogleich einen Fisch aus der zahlreichen Familie der Perciden verräth, leitet Marcgrave's Angabe der Mund könne sich ausdehnen und zusammenziehen, verglichen mit allen den übrigen Punkten der Beschreibung sogleich auf die Vermuthung es sei eine Art der Gattung *Smaris* hier gemeint, zu welcher Cuvier mit Recht auch den *Sparus erythrurus* Bl. Tab. 261. rechnet. Bloch's Exemplar dieser Art ist von Japan, allein auch von den Brasilischen Küsten erhielten wir Exemplare derselben, die sich wenigstens durch kein irgend constantes Merkmal

davon unterscheiden lassen. Nichts desto weniger fällt die Vermuthung der Übereinstimmung bei weitem mehr auf eine damit verwandte neue Art, die durch minder hohen Rücken, durch eine dem Rücken parallel laufende, mithin gerader gezogene Seitenlinie, so wie durch die Lage und Gröfse der Nasenlöcher und durch andere minder in die Augen fallende Kennzeichen eben so sehr von *Sm. erythrura* abweicht, als sie sich dem Bilde des *Acaratinga* nähert *). Wir haben daher diesen mit dem Namen *Sm. Acarapeba* bezeichnet.

Mijuipira oder *Pirabebe* ist, wie ein Jeder leicht gewahr wird, *Trigla volitans* Lin., *Dactylophorus vol.* Lac. Der Holzschnitt ist eine Copie der recht sorgfältigen Zeichnung L. P. II, 390. Nur sind die Bauchflossen am Holzschnitt unbehülflich genug hinzugesetzt, die der Zeichnung fehlen. Eine noch bessere Abbildung ist in der Menzelschen Sammlung I, p. 103. unter dem Namen *Piramëüi.*

Cap. XII. p. 163.

Guaibi Coara. Aus der Beschreibung und Abbildung dieses Fisches läfst sich freilich auf mancherlei schliefsen, aber nichts znr Gewifsheit bringen. Da sich überdiefs nun unter den vorhandenen Originalabbildungen keine findet, auf welche man möglicher Weise den Holzschnitt beziehen könnte, so mufs ich die Deutung dieser Stelle glücklichern Forschern überlassen.

Acaramucu wird von Bloch und nach ihm von Gmelin zum *Balistes monoceros* citirt, hat aufserdem Verwandschaft mit *B. laevis* Bl., mag aber wohl wie Cuvier vermuthet, von beiden verschieden sein, wie er unläugbar durch die Abwesenheit der Schwanzstacheln von *B. monoceros* Lin. abweicht. In dem aus der Originalabbildung L. P. I, p. 317, (wo er *Acaracamucu* heifst) besser wie aus dem Holzschnitt hervorgehenden Verhältnifs der Rücken- und Afterflosse hat er unläugbar die mehrste Ähnlichkeit mit

*) Bloch's Abbildung des *Sparus erythrurus* ist in den mehrsten dieser Punkte seinem Exemplar wenig getreu nachgebildet. Die Seitenlinie verläuft sich an demselben in gröfserem Bogen, die Nasenlöcher sitzen dem Auge näher, die Bauchflosse weiter nach hinten, als dies Alles auf der Abbildung angegeben ist. Auch sieht man so wenig Spur von einer rothen Färbung der Flossen, dafs man nicht begreift, wie Bloch zu dem Namen *Sp. erythrurus* gekommen ist.

dem *B. laevis*, wiewohl sich daraus kein hinreichender Beweis für die Identität beider ableiten läfst, was auch um so schwieriger sein dürfte, da der *B. laevis* ostindisch ist. Nur darf freilich die bunte Zeichnung dieses Fisches auf der Blochschen Tafel (414) ebensowenig für einen Gegenbeweis angesehen werden, als die zugerundete Form der Schwanzflosse, denn in beiden scheint Bloch nur von Muthmafsungen sich haben leiten zu lassen, weil an dem Exemplar wonach die Zeichnung gemacht ist, nichts deutliches zu entnehmen ist. Auch über diese Art haben wir daher den Aufschlufs erst von spätern Beobachtern zu erwarten.

Desto deutlicher erkennt man in dem folgenden, der abermals *Guaperva* heifst, den *B. vetula* Lin., für welchen ihn auch alle Schriftsteller genommen haben. Bliebe noch ein Zweifel, so würden ihn die beiden sehr guten Abbildungen I.M. I, p. 125. und L.P. I, p. 311. hinwegnehmen. Nach der letztern ist der Holzschnitt gemacht, und weicht nur darin von ihr ab, dafs die beiden dunklen Streifen über der Schnauze bis an die Bauchflosse fortgeführt sind, statt dafs sie im Original ganz richtig vor der Brustflosse endigen.

Cucuri. Obgleich keine Originalabbildung zu dem Holzschnitt vorhanden ist, so läfst sich doch in dem hier beschriebenen Fische wohl nicht leicht etwas anderes als *Squalus mustelus* vermuthen, der auch von der südamerikanischen Küste unserm Museum zugekommen ist.

Piraya oder *Piranha.* Cuvier ist der erste, der darin den *Salmo rhombeus* oder *Serrasalmo* Lacép. erkennt. Dafs dies nicht früher geschehen, rührt wohl hauptsächlich daher, dafs der Holzschnitt ein erwachsenes Exemplar von mehr als Fufslänge darstellt, Pallas und Bloch dagegen nur jüngere Exemplare dieses Fisches vor sich hatten, an welchen (man vergl. Bloch's Tafel 383.) der Kopf bei weitem die abschüssige Gestalt noch nicht hat, die er bei grofsen Exemplaren bekommt, sondern vom Hinterkopf an mehr flach gegen den Rand des Oberkiefers hin verläuft.

Auf dieser sich aus einer Reihe von fünf allmählig gröfsern Exemplaren unsers Museums sehr deutlich ergebenden Altersverschiedenheit beberuhen denn auch die beiden Abarten, die Marcgrave hier anführt und beschreibt, und welche beide in der Menzelschen Sammlung I, p. 223, die erste unter dem Namen *Piraya*; die zweite unter dem Namen *Pirayatinga* abgebildet sind. Die jüngern Exemplare haben am deutlichsten den dunklen

Saum der Schwanzflosse, den Linné unter den diagnostischen Merkmalen anführt. An ihnen zeigen sich auch die dunklen Flecken des Rückens deutlicher, dagegen verschwinden an den grofsen (ich habe eins von 20 Zoll Länge vor mir) die Zähne der Bauchsäge unter den sie überragenden Schuppen, woraus es sich erklärt, dafs Marcgrave sie ganz übersieht.

Cap. XIII. p. 165.

Punaru. Es werden hier zwei Species der Gattung *Blennius* beschrieben, wobei zunächst zu bemerken, dafs die zweite Abbildung zu der ersten Beschreibung gehört und umgekehrt. Die Beschreibung des ersten pafst sehr wohl auf einen kleinen Fisch dieser Gattung, den wir bereits seit mehreren Jahren unter dem Namen *Blennius brasiliensis* in unserm Museum bewahren. Die andere trifft ebenso zu auf einen kleinen Fisch, der dem *Bl. fasciatus* im jugendlichen Alter verwandt, aber durch die Lage des Afters und die Zahlen der Flossenstrahlen verschieden ist, und den wir mit dem Namen *Bl. Punaru* bezeichnet haben. Eine rohe Abbildung unter dem Namen *Punaru* in der Menzelschen Sammlung I, p. 15. ist für die Entscheidung ohne Werth, da sie ein Exemplar mit ganz zerrissenen Flossen darstellt.

Amore Guacu, Amore Pixuma und *Amore Tinga.* Gronov hat in seinem *Museum Ichthyolog.* (p. 16 und 17.) aus den beiden ersten dieser Fische zwei Arten seiner Gattung *Eleotris*, nemlich die erste und dritte gemacht, wiewohl in der That schwer zu beweisen sein möchte, dafs sie wirklich der Gattung angehören, denn von der Form der Bauchflossen ist bei Marcgrave nirgends die Rede. Wenn nun Gmelin sogar auf eine derselben (den *Amore Pixuma*) seinen *Gobius Pisonis* gründet, so mufs man Schneider's Zweifel gerecht finden, ob ein Fisch mit so fadenförmig getheilten Bauchflossen, wie hier die Abbildung zeigt, wohl wirklich ein *Gobius* oder eine *Eleotris* sein könne. Was aber sonst, ist nun wirklich schwer zu sagen. Für den zuerst genannten (*Amore guacu*) haben wir freilich Cuviers's Autorität, der darin wirklich einen *Gobius* erkennen will. Es läfst sich aber weder für noch wider diese Meinung etwas vorbringen, da es ganz an einer Originalabbildung fehlt und also über die obige Hauptfrage keine Auskunft gegeben werden kann. Von dem zweiten, nemlich dem *Amore Pixuma* ist zwar (I. M. I, p. 59.) eine Abbildung vorhanden, nach welcher ganz unverkennbar der schlechte Holzschnitt verfertigt worden ist,

aber so fleifsig diese Zeichnung auch gemacht ist, so möchte sich doch auch aus ihr schwerlich über das Genus etwas sicheres ermitteln lassen. Sie stellt nemlich einen Fisch von etwa 8 Zoll Länge vor, mit plattgedrücktem vorn zugerundetem Kopf, weit auseinander liegenden glänzenden Augen, mit doppelter, überall gleich hoher Rückenflosse und diese so wie alle übrigen Flossen ohngefähr in dem Verhältnifs wie es der Holzschnitt ergiebt; unter der Kiemenöffnung sind zwei fadenförmige Bauchflossen angedeutet, ob die zerschlitzten Strahlen einer gröfsern oder ursprünglich so gestaltet, wage ich nicht zu entscheiden, denn auf einen *Blennius* zu schliefsen, verbietet schon die doppelte Rückenflosse. Die Oberseite des Fisches ist schwarz, die sehr bauchige Unterseite mit Ausnahme der Flossen weifs. Der dabei geschriebene Name ist *Amoreçima*. Der *Tamoata*, mit welchem Marcgrave hier seinen Fisch an Gröfse und Gestalt vergleicht, ist der *Cataphractus callichthys*, zu dem auch die allgemeine Gestalt dieses, wie es freilich scheint schuppenlosen oder kleinbeschuppten Fisches recht gut pafst. Ob also nicht die ganze Abbildung für eine verfehlte Darstellung eines *Pimelodus*, jene Fäden für schief angesetzte Bartfäden zu nehmen, ist eine Vermuthung, die ich auf gut Glück wage, da eine bessere nicht zu finden ist. Vom *Amore Tinga* ist vollends gar nichts zu sagen, indem alle Hülfsmittel uns hier verlassen.

Die folgende Art ist ohne Brasilische Benennung und statt deren der für die Mugilarten in allen Nordeuropäischen Dialekten gebräuchliche Name Harder (lateinisch wahrscheinlich unrichtig durch *Pastor* wiedergegeben) an die Stelle gesetzt. Klein ist der einzige, der diesen Fisch einer Berücksichtigung gewürdigt und ihn unter dem Namen *Cestreus argenteus* in seiner *Hist. Piscium Missus* V, p. 24. No. 3. aufgeführt hat. Cuvier vermuthet darin einen wahren *Gobius*, indessen scheint mir die Lage der Flossen und was von der Zusammenstellung der Schuppen gesagt ist, doch in der That für einen Fisch aus der Gattung *Mugil* zu sprechen, namentlich für den *M. Tang*, der auch häufig an den Brasilischen Küsten vorkommt, und dessen sonst bei Marcgrave nirgends Erwähnung geschieht. Was von der mangelnden Kiemenspalte gesagt wird, kann unläugbar nur auf einem Irrthum beruhen, und läfst sich vielleicht daraus erklären, dafs bei den Mugilarten die Kiemendeckel sehr fest schliefsen. Eine Originalabbildung ist nicht vorhanden.

Guacari ist unverkennbar *Loricaria plecostomus*, zu welchen ihn auch Bloch ganz richtig citirt. Die Originalabbildung steht L. P. II, p. 392. und

ist frei von den Fehlern in der Flossenzeichnung, die den Holzschnitt entstellen. Die zweite Art *Guacari*, deren Marcgrave am Schlusse dieses Kapitels erwähnt, ist von dieser gewifs nicht verschieden; denn abgesehen davon, dafs dort die Zeichnung des Fisches mit eben den Worten beschrieben wird, wie bei der ersten, so kann man schon defswegen hier nicht etwa auf *L. maculata* schliefsen, weil die Abbildung unter dem Namen *Guacari secunda species* (I. M. I, p. 300.) zwar einen langstreckigen punktirten Fisch, aber dabei auch die kleine Rückenflosse darstellt, die sowohl der *L. maculata* als der *L. cirrhosa* fehlt.

Schlufs-Bemerkung beim Abdruck dieser Abhandlung

im November 1828.

Die Erläuterungen der Marcgraveschen Nachrichten von den brasilischen Fischen fortzusetzen, wurde ich durch Hrn. Baron G. Cuvier's schmeichelhafte Aufforderung veranlafst, welcher davon für die von ihm in Gemeinschaft mit Hrn. Valenciennes herauszugebende Ichthyologie Gebrauch zu machen beabsichtete. Im Verfolg eines weiteren Briefwechsels stellte sich jedoch den würdigen Unternehmern eines so grofsartigen Vorhabens diese Angelegenheit als so belangreich dar, dafs Hr. Valenciennes selbst gegen Ende des Jahrs 1826 nach Berlin kam, um die Fischsammlung des hiesigen zoologischen Museums zu mustern und die Originalabbildungen, auf welchen die obigen Erläuterungen beruhn, selbst zu vergleichen. Die fernere Fortsetzung der hier abgebrochenen Abhandlung wird sich daher in veränderter Gestalt an das nunmehr erscheinende wichtige Werk ergänzend anschliefsen und nur eine Nachlese zu den dort gewährten Resultaten geben können.

Lichtenstein.

Über

die ältern Geschichten der Getreidearten.

Zweite Abhandlung.

Von

Hrn. H. F. LINK.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 9. November 1826.]

Neue Untersuchungen, Widersprüche gelehrter Männer, deren Urtheil mir schätzbar ist, haben diese Nachträge und Zusätze hervorgebracht.

Es ist allerdings merkwürdig, dafs beim Homer der Weizen als Pferdefutter vorkommt, da man ihn doch nirgends dazu anwendet, und von den Alten sowohl als den Neuern einstimmig behauptet wird, dafs er den Pferden schade. Ich glaubte, es sei eine dichterische Freiheit, weil Andromache Hektors Pferden auch Wein gegeben habe. Aber ich finde in Wolfs Ausgabe den Vers, wo von Wein die Rede ist (Il. Θ. 188.) als verdächtig in Klammern eingeschlossen, und er scheint nicht hieher zu gehören. In der andern Stelle (Il. η. 569.) wo gesagt wird dafs die Pferde des Diomedes Weizen frafsen, wird auch nichts von Wein hinzugesetzt. Ich mufs also der Meinung der Alten beitreten, dafs in den ältesten Zeiten πυρὸς ein allgemeiner Name für eine nährende Grasart war, welche später auf Weizen allein beschränkt wurde. So ist es dem Worte Korn bei uns, *Grano* bei den Italienern, ergangen, und noch übereinstimmender ist das Beispiel des Wortes Hirse im deutschen, welches gar viele sehr verschiedene aber immer kleine und rundliche zur Nahrung dienende Körner der Grasarten bezeichnet. Dieses zeigt auch die häufige Zusammensetzung des Wortes πυρὸς mit andern, welche den allgemeinen Begriff näher bestimmen. Die Bedeutung der Wörter ändern sich. Πυρὸς zuerst ein allgemeiner Ausdruck wurde näher bestimmt und bezeichnet nur Weizen, aber in dieser Bedeutung verlor er sich zuletzt aus dem gemeinen Gebrauche und ein anderes allgemeines Wort

σῖτος nahm die besondere Bedeutung Weizen an. In den Geoponica steht gewöhnlich σῖτος statt πυρὸς. Die Gelehrten, die Grammatiker behielten das Wort πυρὸς, die Praktiker gebrauchten σῖτος welches in dieser Bedeutung beim Dioskorides und Theophrast nie vorkommt.

Die neuern Untersuchungen über die Arten und Abarten der Getreide von Lagasea, der hier zuerst die Bahn brach, Seringe, Schübler, Metzger und andere haben diesen Gegenstand sehr aufgeklärt, und es ist nöthig bei der Untersuchung der Nachrichten von Getreidearten in den alten Schriftstellern darauf Rücksicht zu nehmen. Als ich meine erste Abhandlung schrieb waren diese Bemühungen der Neueren noch nicht bekannt geworden. Sprengel hat in seiner Übersetzung von Theophrasts Naturgeschichte der Gewächse, besonders im zweiten Theile, welcher die Erläuterungen enthält (Altona 1822.) auf manche schon Rücksicht genommen. Ich will also hier noch einige Untersuchungen beifügen, wenn sie auch keinen grofsen Erfolg haben sollten.

Δρακόντιας wird von Theophrast (*de caus.* L. 30, 21. S. 2.) ohne weitere Beziehung angeführt. Sprengel (Erläut. 305.) meint, er könne seinen Namen nur von der bunten Beschaffenheit der Körner haben, wie das *Arum*. Das wäre denn setzt er hinzu, eine Abart von *Triticum turgidum* mit schwärzlichen Grannen, röthlichen Körnern und weifslich beharten Bälgen (Sering. *Melang.* 103.). Allerdings eine sinnreiche Vermuthung.

Στράγγιας (Theophr. *d. caus. l. c.*) nach Sprengel von στραγγός mit zusammengedrückten Ähren und *Tritic. Gaertnerianum*, welches noch häufig in der Levante gebaut werde (Erläut. daselbst). Es sei die γρυμένιτζα der neueren Griechen. Aber *Tr. Gaertnerianum* ist eine Abänderung von *Tr. durum* und hat einen zusammengedrückten Kelch, keine zusammengedrückte Ähren. Das Wort στραγγὸς als zusammengedrückt ist mir unbekannt, wohl aber heifst es *flexuosus*, *tortus*, es wäre also mehr auf eine Abart *spica flexuosa* zu rathen. Στρεγγὶς (Theophr. *Hist. pl.* 8. 4. 3.) in den Handschriften στλεγγὸς ist vielleicht dasselbe Wort. Sprengel sagt στρεγγὶς bedeute eine breite Platte oder Kamm (eigentlich eine Striegel) und räth auf *Tr. platystachyum Lag.*

Σελινούσιος (Theophr. *caus. pl. l. c.*) hat nach Sprengel seinen Namen wahrscheinlich von σελήνα einer mondähnlichen Kuchenart, wozu dieses Mehl genommen wurde (Hesych. 2. 1167.).

Καγχρύδιας (Theophr. *Hist. pl.* 8. 4. 5.) nach Sprengel so genannt, weil die langen Grannen ihm Ähnlichkeit mit der Gerste geben. Er hat einen dicken Halm, und eine schlaffe lockere Ähre (*d. caus.* 3. 21. 2.) und bedurfte viele Nahrung. Es sei wahrscheinlich *Tr. durum hordeiforme* Sering. Zuerst erinnere ich, dafs die Ausdrücke χαῦνος καὶ μανὸς locker und leicht mehr von dem Korn als von der Ähre zu verstehen sein möchten. Ferner ist κάχρυς oder κάκρυς oder auch κάγχρυς geröstete Gerste, ein Wort welches häufig vorkommt, so wie die davon abgeleiteten Wörter. Die gerösteten Körner wurden im Alterthum so häufig gegessen, dafs der Name καγχρύδιας vermuthlich daher kommt.

Den libyschen Weizen von Cyrene hält Sprengel nicht unwahrscheinlich für *Tr. durum*, wenigstens mag er zu den Abarten dieser Art gehören. Vom ägyptischen Weizen führen die Alten nichts an, als dafs er von Lolch frei sei. Es läfst sich also nichts weiter darüber bestimmen; sonderbar ist es, dafs man jetzt den Weizen, welcher bei uns häufig gebaut wird, in Italien, wo man ihn selten baut, ägyptischen Weizen nennt. Der alexandrische Weizen sagt Sprengel, hat seinen Namen von Alexandrien. Aber dies ist eben zweifelhaft, denn Theophrast führt ihn nicht unter den Weizenarten an, welche von einem Orte den Namen haben, sondern mit στλεγγὺς u. s. w. wie Schneider schon bemerkt hat. Die Geoponica sagen von ihm, er habe ein langes Korn. Den thrazischen Weizen habe ich für *Tr. polonicum* gehalten; Sprengel bezieht dieses auf eine Abart welche er *strictum* nennt, und welche sich durch das Festhängen der Korollenbälge an dem Korne unterscheiden soll. Aber eine solche Abart wäre ja vielmehr ein Spelz. Den Weizen aus Böotien bezeichnen die Alten als den schwersten, noch schwerer als den sicilischen mit Ausnahme des Weizens der Pissargen, welcher sogar plazzen machen. Diese Pissargen nennt Theophrast in den Büchern *d. causis* Pyssoten; sonst kommt der Name nirgends vor. Sprengel vermuthet sonach, Theophrast rede von den Pyssuen welche nach Strabo an dem Ausflusse des Oxus wohnten.

Die Alten haben ferner Winter- und Sommerweizen, χαιμερινὸς und ἠρινὸς, weil er im Frühling gesäet wird. Sie haben ferner δίμηνος und τρίμηνος, weil er in zwei oder drei Monaten seine Vegetation beendigte, sogar eine Abart, welche dieses in 40 Tagen that. Sie hatten die Bemerkung an ihrem Sommerkorn gemacht, welche noch immer gilt, dafs Sommerweizen leichter ist,

sich nicht so gut bestaudet und weniger schüttet als Winterweizen. Sie führen indessen einige Ausnahmen an, den vierzigtägigen Weizen von Euboea, und eine Weizenart von Lemnos, oder Αἶνος, vermuthlich ein Schreibfehler für Lemnos, wie man aus der Vergleichung von Theophr. *Hist.* 8. 4. 4. *et* 5. *d. caus.* 4. 96. und 4. 11. 3. sehen kann. Auch ist von weichem und hartem Weizen die Rede, letzterer ohne Zweifel *Tr. durum* oder eine Abart.

Πυρὸς σιτάνιος Theophr. *Hist. pl.* 8. 2. 3. hält Sprengel für den Sommerweizen und allerdings kommt er so auch in den Geoponica und Dioskorides vor. Das Wort heifst eigentlich σητανείος oder σητανίος. Aber Theophrast sagt: Ἀπαραβλάστοι δὲ οὗτοι, πλὴν εἴ τι γενὸς πυρῶν τοιοῦτο, οὗς καλοῦσι σιτάνιας καὶ κριθάνιας. Hier glaubt Schneider müsse man wohl σιτάνιος von σητάνιος unterscheiden. Denn der Sommerweizen bestaude sich weniger als der Winterweizen, und σιτάνιος ist keinesweges einerlei mit σητάνιος welches man von ἔν τῃ ἐτεῖ ableitet. Das Wort κριθάνιας kommt auch nicht weiter vor. Ich finde keine Ursache zu glauben, dafs σιτάνιος *Tr. Gaertnerianum* und *Tr.* κριθάνιος *Tr. platystachyum* sei.

Columella führt nur drei Weizenarten an (L. 206.). *Ex his mature serendum est quod Robus dicitur, quoniam et nitore et pondere praestat. Secunda conditio est habenda Siliginis, cuius species in pane praecipue pondere deficitur. Tertium est trimestre, cuius usus gratissimus, nam ubi propter aquas aliamve causam matura satio est omissa praesidium ab hoc petitur. Reliquae Tritici species, nisi, si quos multiplex varietas frugum et inanis delectat gloria supervacanea.* Das letzte Urtheil möchte vielen unsern Landleuten sehr gefallen. Man hat viel herum gerathen, welcher Weizen *Robus*, welcher *Siligo* oder *trimestre* sei, aber alle Vermuthungen sind nichts als dieses.

Die Geoponica bezeichnen nur Sommerweizen, einen weifsen σιτάνιος und einen mit schwarzen Grannen, welchen Sprengel für *Tr. atratum Host.* hält. Aber *Tr. atratum* ist ein Emmer (*Tr. amyleum*) und hat schwärzliche Körner oder vielmehr Spelzen. Hier ist nur von Grannen die Rede. Vielleicht eine Abart von *Tr. durum* oder *turgidum* mit schwarzen Grannen.

Die Nachrichten von dem wilden Weizen in Indien, welche Banks geliefert hat, scheinen mir jetzt sehr zweifelhaft. Mstrs. Barrington gab die Samen unter der Aufschrift Hillwheat Herrn Lambert, dieser Banks, und ungeachtet sie sehr klein waren, so war doch die Gestalt völlig die des Weizens. Banks liefs sie säen, und es wuchs daraus wahrer Sommerweizen

auf. Mstrs. Barrington erinnerte sich nur, dafs der Same aus Indien gekommen sei. Roxburgh und Wallich haben nichts darüber in der *Flora indica*. Sie führen den gegrannten Weizen an, mit dem Zusatze: Zwei Varietäten werden gewöhnlich gebaut in den innern und nördlichen Theilen von Hindostan während der kühlen Jahreszeit; und eben dieses wiederholen sie bei dem gegrannten Weizen. Es läfst sich also auf jene Nachricht gar keinen Werth legen. Dafür ist mir aber eine andere bisher übersehene Nachricht zu Gesicht gekommen, welche von gröfserem Werthe scheint. Olivier sagt nämlich in seiner Reisebeschreibung 3. 460., er habe in Mesopotamien am Euphrat nicht weit von Ana, auch sonst, Weizen, Gerste und Spelz wild gefunden. Diese Nachricht erhält um so mehr Glaubwürdigkeit, da früher ein ausgezeichneter Botaniker, der ältere Michaux, den Spelz bei Hamadan in Persien wild fand, also fast unter demselben Grade der Breite (34-35°) und nur mit einem Unterschiede von 8-9 Graden der Länge, wie ich in der ersten Abhandlung angeführt habe. Eine Nachricht erhält durch die andere Zutrauen und Glaubwürdigkeit. Alles stimmt darin überein, dafs diese Gegenden das Mutterland aller Kultur, sowohl der Kultur des Bodens als der Cultur des Geistes sind.

Man könnte gegen diese Angaben, wie gegen viele andere einwenden, dafs die Getreidearten erst an jenen Orten wild geworden wären. Aber sie verwildern nicht leicht, sie finden sich nirgends im wärmern Europa wild, nirgends in Nord-Afrika, wo sie doch seit langer Zeit gebaut werden und wo das Klima ihnen sehr günstig scheint. Auch ist dieses nicht in Süd-Amerika der Fall gewesen, wo doch Rindvieh und Pferde sich sehr vermehrt haben; daher scheinen jene Angaben alle Aufmerksamkeit zu verdienen. Das Land, aus welchem die Getreidearten abstammen, ist unstreitig von grofser Wichtigkeit für die Geschichte des Menschen.

Die schwierige Stelle in Theophr. *Hist. pl.* 8. 4. 1. habe ich von der Gröfse der Hüllen erklärt, nicht wie gewöhnlich von der Verschiedenheit, welche man im Umschliefsen der Körner bemerkt, indem nämlich oft die Körner von den Spelzen dicht umschlossen werden, wie der gewöhnliche Hafer, die gemeine Gerste, alle Spelz- und Emmerarten, oft aber die Körner nackt ausfallen, wie Weizen, nackter Hafer, nackte Gerste. Die Stelle ist: Ἅμα δὲ καὶ ὁ μὲν (nämlich πυρός) ἐν χιτῶσι πολλοῖς. ἡ δὲ (nämlich κρίθη) γύμνη, μάλιστα γὰρ δὴ γυμνοσπέρματον ἡ κρίθη. Πολύλοπον δὲ καὶ ἡ τίφη καὶ ἡ

ὀλύρα, καὶ πάντα τὰ τοιαῦτα καὶ μάλιστα παντῶν, ὡς εἰπεῖν, ὁ βρόμος. Die Ausleger nehmen nun an, die Alten hätten blofs die nackte Gerste gekannt, und darum werde diese γυμνοσπέρματη genannt. Aber wie der Weizen, der sich grade vom Spelz durch den nackten Samen unterscheidet, mit dem Spelz in die Klasse der Getreidearten kommt, welche viel χιτώνας haben, erklären sie nicht. Nimmt man aber mit mir an, dafs die Alten nur auf die Gröfse der Hülle sahen, so erklärt sich leicht, warum sie Gerste für nacktsamig hielten. Die ersten Kelchhüllen sind sehr schmal und von den Corollenhüllen oder Spelzen entfernt, so dafs sie also übersehen wurden, und nun hiefs die Gerste nacktsamig. Alle andere Getreidearten, wo die Kelchhüllen nicht allein gröfser, sondern auch näher stehen und die Blüte umfafsten werden zu vielhülligen, πολύλοπα, gerechnet. Ja Linné selbst nannte die Kelchhülle von *Hordeum* nur ein *involucrum*, und es fehlt ihr also der Kelch, der χιτὼν wie die Alten treffend sagten. Nirgends haben sie auch ein anderes Getreide zu den nacktsamigen gerechnet, als Gerste. Schneider hat dieser Erklärung seinen Beifall gegeben (s. Register). Sprengel sagt bei dieser Stelle: „dafs der Hafer am meisten vielschalig ist wird auch *d. caus.* 462. wiederholt: τὸ δ' αὖ πολυχίτωνα εἶναι καὶ τῶ βρόμῳ καὶ τῇ ζειᾷ συμβέβημεν. Diese Zusammenstellung mit dem Spelz und kurz zuvor mit dem Aegilops und der Zusatz, dafs die Schalen das Korn lange unverdorben in der Erde erhalten, erlauben nicht πολύλοπος von der Gröfse und Länge des Kelches zu verstehen. Es mufs hier nothwendig eine Art gemeint sein, welche ihre eigenthümlichen Hüllen behält, und dieses ist nur der morgenländische Hafer oder Fahnenhafer (*Avena orientalis Schreb.*) der aufser seinen Kelchen noch besondere Corollenbälge hat, welche die Körner einschliefsen, so dafs man diese nicht davon trennen kann. Daher, weil sich diese Art so schwer abdreschen läfst, bauen sie unsere Landleute nicht gern, obwohl sie reichlicher trägt und mehr Stroh giebt, als der gemeine Hafer." Ich weifs nicht was der Verfasser hier meint. Alle Haferarten, ja alle Getreidearten haben Kelche und Corollen, nach Linné'scher Bezeichnung, und wenn der Fahnenhafer allein nur besondere Corollenbälge hätte, so verdiente er wahrlich eine besondere Gattung zu bilden. Auch schliefst ja bei dem gemeinen Hafer die Corolle den Samen dicht ein, wie allgemein bekannt ist. Nur beim nackten Hafer sondert sich das Korn von der Corolle. Es ist richtig, dafs der Fahnenhafer schwerer zu dreschen ist, als der gemeine, aber nicht, weil sich

die Corolle schwer vom Korn sondert, denn diese Sonderung findet auch beim gemeinen Hafer nicht Statt sondern weil die Corollenbälge mit dem Samen zugleich sich schwerer von dem Kelche trennen, als beim gemeinen Hafer.

Sprengel sagt von derselben Stelle: „Wenn Theophrast hier zuerst die Gerste mit dem Weizen vergleicht, so hat er wahrscheinlich die Himmelsgerste (*Hordeum vulgare coeleste*) gemeint; denn diese hat ein breiteres Blatt als der Sommerweizen, einen sehr dicken Halm, und die Blätter sitzen bis dicht unter der Ähre. Sie bestaudet sich stark und verliert, wenn sie reift, die einzige Schale, welche das Korn enthält. Dieſs erscheint dem Weizen ähnlich, daher man sie an einigen Orten Gerstweizen nennt; der Halm ist steif und brüchig, welches alles man nur bei dieser Abart findet. Wie sie aus der gemeinen Gerste entstanden ist, so geht sie in gutem Boden in die sechszeilige über. Es muſs dieselbe Art sein die man zu Columella's Zeit baute, weil er (2. 9.) nach der Ärnte zu eilen räth, da die nackten Körner sonst ausfallen. Auch Palladius wiederholt diesen Rath mit dem Zusatz: *arefactis spicis*, womit das Verlieren der in der Reife vertrockneten Grammen gemeint ist: eine Erscheinung die allein auf diese Abart paſst. Dies ist das γυμνόκριθι der Bewohner von Zante, von denen Sibthorp sagt, es sei *destitute of beards* (Walpole p. 290.) hiemit ist sowohl meine frühere Meinung, daſs die nackte Gerste, eine Abart der zweizeiligen, verstanden werde, widerlegt, als auch Links Idee beseitigt, der keine besondere Art Gerste in dieser Stelle angedeutet findet und (S. 125,) die Himmelsgerste für einerlei mit der nackten hält." Mir ist nicht bekannt, dais diese Abart allein ein breiteres Blatt, als der Sommerweizen, einen sehr dicken, steifen und brüchigen Halm habe, daſs bei ihr allein die Blätter bis dicht unter der Ähre sitzen. Es ist wahr, daſs sie solche Eigenschaften besitzt, aber *Hordeum distichum* nicht bloſs *nudum*, sondern auch das gemeine, wird eben so hoch und groſs als *Hordeum coeleste*. Man vergleicht diese Gerste auch mit dem Roggen und der Name ägyptischer Roggen ist bei uns der gemeinste. Daſs sie in gutem Boden in die sechszeilige Gerste übergehen sollte, ist mir ganz unbekannt, doch das gehört nicht hieher. Mit Recht räth Columella mit der Ärnte zu eilen, weil die Körner wie bei allen Gerstenarten sich leicht vom Kelch sondern und abfallen, indem der Kelch oder *involucrum* Linn. sitzen bleibt. Es ist richtig, daſs an der Himmelsgerste die Grannen

zuweilen abfallen und die Ähre vollkommen wehrlos erscheint, aber wie dieses in dem *arefactis spicis* liegen soll, sehe ich nicht ein. Palladius sagt: *Nunc prima ordei messis incipitur quae consummanda est antequam grana arefactis spicis lapsa decurrant, quia nullis sicut triticum, folliculis vestiuntur.* Die Vergleichung mit dem nach unserm Sprachgebrauche bestimmt nacktsamigen Weizen zeigt offenbar, dafs hier von keiner nackten Gerste die Rede sei. Columella sagt: *Idque* (nämlich *ordeum*) *ubi paullum maturuerit festinantius, quam ullum aliud frumentum* (also auch Weizeen), *demetendum erit, nam et fragili culmo, et nulla vestitum palea granum ejus celeriter decidit, iisdemque de causis facilius teritur quam cetera.* Den Vorwurf, dafs ich die nackte Gerste mit der Himmelsgerste für einerlei gehalten hätte, mufs ich mir schon gefallen lassen, da ich das Wort oder zweideutig gebraucht habe: nur die Himmelsgerste oder nackte Gerste (*Hordeum nudum*) und der nackte Hafer machen eine Ausnahme. Aber auf der folgenden Seite heifst es: so dafs also Theophrast und die Römer z. B. Palladius, nur nackte Gestenarten, gerade die seltenern Arten oder Abarten gekannt hätten, wo deutlich von mehr als einer Gerstenart die Rede ist.

Ich gehe zu der Abtheilung der Gattung Weizen über, welche dadurch bestimmt wird, dafs die Körner innerhalb der Spelzen eingeschlossen bleiben. Wir nennen sie im Deutschen allgemein Spelz. Auch hierüber sind in neuern Zeiten schätzbare Untersuchungen zur Unterscheidung der Arten und Abarten angestellt worden. *Triticum Zea Host* nennen die neuern Schriftsteller *Tr. Spelta*, und *Tr. Spelta Host* nennen sie *Tr. amyleum*, und zwar insofern richtig, weil der allgemeine Sprachgebrauch dafür ist, *Tr. Zea Host* Spelz zu nennen. *Tr. Spelta* hat entferntstehende, *Tr. amyleum* dichtstehende Ährchen. Schübler unterscheidet noch *Tr. amyleum* in zwei verschiedene Arten, in *Tr. dicoccum* und in *Tr. tricoccum* nach der Zahl der Körner, welche zur Reife gelangen. Zu diesen kommt noch *Tr. monococcum* Linn., eine Spelzart, welche schlechteres Mehl und geringen Ertrag liefert, aber in sehr schlechtem Boden gedeihet.

In der ersten Abhandlung habe ich gezeigt, dafs die drei Wörter ζειὰ, ὄλυρα, τίφη Spelz bedeuten, dafs zu verschiedenen Zeiten bald dieses, bald jenes von den drei Wörtern das gebräuchlichere war, und dafs nur bei einigen Schriftstellern verschiedene Arten dadurch bezeichnet werden. Hierzu einige Bemerkungen.

Das Wort ζειὰ kommt in der Iliade nicht vor, nur ζειδῶρος, welches einige daher nicht von jenem Worte besonders, sondern von dem Stammworte Leben überhaupt abgeleitet haben, dagegen findet man ὄλυρα an mehreren Stellen mit Gerste zusammengestellt. Umgekehrt kommt in der Odyssee das Wort ὄλυρα nicht vor, wohl aber ζειὰ mit Weizen und Gersten zugleich genannt (ε, 604.). Man sieht also, dafs schon im frühern Alterthum beide Wörter gleichbedeutend waren, denn dafs in beiden Gedichten Spelz im Allgemeinen verstanden wurde, ist wohl ohne Zweifel. Bekanntlich sind beide Gedichte von verschiedenen Verfassern und zu verschiedenen Zeiten geschrieben, so dafs dieser verschiedene Sprachgebrauch nicht auffallen kann. Herodot sagt bestimmt (L. 2, c. 36., nicht 34., wie in der ersten Abtheilung, mit einem Druck- oder Schreibfehler gesagt wird): Die Ägypter leben von ὄλυρα, welche andere ζειὰ nennen. Also Ausdrücke verschiedener Provinzen, wie man noch jetzt in einigen Gegenden Dinkel, in andern Spelz sagt.

In den Hippokratischen Schriften kommt nur ζειὰ vor, nicht ὄλυρα, und zwar in dem zweiten Buche über die Weiberkrankheiten, worin überhaupt viele Arzneimittel genannt sind. Spelz wird unter den Getreidearten angeführt, wovon man Krankensuppen (ζοφήματα) koeht. In dem Buche *de diaeta* L. 2, p. 676. *ed.* Kühn kommt eine Stelle vor, wo es heifst: ἡ τρύγις κουφοτέρα πύρων. Die Wiener Ausgabe von Maek nach einem Wiener Codex hat: τίφη καὶ ζειὰ κουφοτέρα πυρεῶν. Foesius übersetzt *Tragus sive olyra*. Unstreitig ist die Wiener Leseart die richtige, denn τρύγις ist kein Wort und τράγος bedeutet eine Art von Graupen aus Spelz gemacht, wovon hier nicht die Rede sein kann. Kühn hätte in seiner neuen Ausgabe die die Lesart aufnehmen sollen, da sie das Ansehn eines Codex für sich hat.

Theophrast giebt über den Unterschied dieser Pflanzen wenig Auskunft. Er nennt alle drei: *Zea, Olyra, Tipha,* und redet besonders oft von den Verwandlungen dieser Getreidearten in Hafer oder Weizen, und nennt dann gewöhnlich ζειὰ und τίφη zugleich. Die Hauptstelle findet sich L. 8, c. 9. 5. 2. nach Sehneider's Ausgabe. Es wird dort gesagt, dafs ζειὰ die meisten und tiefsten Wurzeln, auch die meisten (nach einer andern Leseart die dicksten) Halme habe. Die Frucht sei am leichtesten und allen Thieren angenehm; ὄλυρα sei am weichsten und schwächsten, τίφη am leichtesten, auch habe sie nur einen Halm (nach einer andern Leseart dünne Halme), verlange daher auch leichten Boden, nicht wie ζειὰ fetten und guten Bo-

den. Dafs τίφη Einkorn (*Triticum monococcum*) bedeute, wird aus dieser Stelle wahrscheinlich. Ὄλυρα mag in der Mitte zwischen beiden stehen. Man mufs immer bedenken, dafs Theophrast nur ein gelehrter Schriftsteller war, der, ohne die Natur selbst zu beobachten, nur gelehrt zusammenstellte. Dioscorides nennt τίφη nicht, wohl aber bezeichnet er das Einkorn mit ζειὰ, denn er sagt, einige seien ἄπλη, andere δίκοκκος, also hatte der Name ζειὰ schon eine ungewisse Bedeutung, denn Theophrast versteht darunter eine ganz andere Getreideart, eine Getreideart nämlich, welche einen schweren Boden verlangt, wie Einkorn nicht.

Galen hat eine gelehrte Abhandlung über die verschiedenen Namen dieser Kornart (*de alimentor. facultat.* L. 1, c. 13, p. 510. *ed.* Kühn, woraus der Druckfehler in der ersten Abhandlung zu verbessern ist). Er führt alle oben erwähnte Stellen der Schriftsteller an, ausgenommen die Iliade; ferner die nicht mehr vorhandenen Werke des Mnesitheus und Dioeles. Er sagt, nie habe er ein Land gesehen, worin man ζεὰ oder ζειὰ (beides werde gesagt) baue, wohl aber in Thracien und Macedonien eine Kornart, welche ein schlechtes und schwarzes Brodt gebe, *Briza* genannt. Neuere haben dieses für Roggen gehalten, aber Galen sagt, diese Getreideart sei der *Tiphe*, einer Spelzart, sehr ähnlich, und das Einkorn giebt ebenfalls ein schwarzes Brodt. In Bithynien baue man eine Kornart, *Zeopyrum*, gleichsam in der Mitte stehend zwischen Weizen und jener *Briza*, denn das Brodt übertreffe um so viel das Brodt von *Briza*, als es dem Weizenbrodte nachstehe. Mnesitheus, fährt er fort, halte τίφη und ὄλυρα für einerlei, aber die erste gebe ein schlechteres Brodt und Mehl als die zweite. Wir sehen daraus, dafs die Alten gar nicht mehr recht wufsten, was ζειὰ war, dafs einige wie Dioscorides Einkorn so benannten, aber das Volk selbst kannte dieses unter dem Namen βρίζα. Wie die beiden Arten ὄλυρα und τίφη verschieden sind, ist schwer zu sagen, aber letztere kann man mit Sprengel für Einkorn annehmen, wie aus der ganzen Untersuchung erhellt. Das Brodt von ὄλυρα ist im Ganzen besser nach Galen, als von τίφη. Der Spelz (*Tr. Spelta*) giebt besseres Brodt als Emmer (*Tr. amyleum*), das letzte aber weifseres Mehl. Es giebt manche Abarten dieser beiden Spelzarten, so dafs der Versuch einer genaueren Bestimmung nur ein Rathen sein würde.

Die Geoponica zeigen (L. 3, c. 3 und 4, XII.), dafs der Name ζεία damals wiederum der gewöhnliche war. Die Zeit wird nämlich angegeben, zu

welcher man diese Kornart säen soll. Der Verfasser giebt uns Auszüge aus Varro's und des Quintilius Schriften, Übersetzungen, wozu man das bekannteste Wort ohne Zweifel gewählt hat. Auch τύφη kommt dort vor, aber mit υ, und nichts über den Unterschied. Dafs ὄλυρα damals noch ein gewöhnlicher Name war, sucht Sprengel aus L. 3, c. 7. gegen mich zu beweisen (Anm. 3. Theophr. 2, p. 289.). Es wird dort umständlich die Bereitung des χονδρὸς (*alica*) aus Weizen gelehrt, und zuletzt wird beiläufig der Bereitung eines χονδρὸς aus der besten ὄλυρα erwähnt, völlig mit denselben Worten, wie sie in Galen's oben erwähntem Buche vorkommt.

Zu dem, was über die Gerste gesagt ist, weifs ich nichts hinzuzusetzen. Dafs Theophrast die einzeilige und fünfzeilige Gerste anführt, zeigt, wie sehr er blofs theoretischen Ansichten folgt, ohne die Natur selbst beobachtet zu haben. Da immer drei Blüthen auf jeder Seite der Ähre stehen, wovon oft nur einige fruchtbar, die übrigen männlich sind, so kann es nur Zeilen in gerader Anzahl geben, ungerade Zahlen würden ungleiche Seiten voraussetzen, welches nur bei Monstrositäten im Organismus der Fall ist. Aufser diesen zählen die Alten noch andere Abarten der Gerste auf, besonders reden sie viel von einer Achilleischen Gerste. Man sehe darüber Schneider zu Theophr. *Hist. pl.* 8. 4. 2. und Sprengel's Erläuterungen. Beide enthalten sich einer Bestimmung, welche auch nur ein blofses Rathen sein möchte.

Dafs Gerste auch mit Spelz und Weizen unter den Getreidearten vorkomme, welche Olivier wild am Euphrat fand, ist schon oben gesagt worden.

Von unsern Haferarten ist das Vaterland noch ganz unbekannt. Ich habe gesagt, dafs die Alten den Hafer nur zum Viehfutter gebrauchten, wie auch meistens bei uns geschieht. Indessen mufs ich doch eine hieher gehöride Stelle aus Galen's Buche περὶ τροφῶν δυναμ. *ed.* Kühn p. 322. 323. hieher setzen: „Der Hafer ist häufig in Asien und besonders in Mysien über Pergamum, wo auch viel Spelz und Dinkel (τίφαι καὶ ὄλυραι) wächst. Er dient zur Nahrung der Lastthiere, nicht der Menschen, wenn sie nicht in Hungerjahren gezwungen werden, daraus Brodt zu machen. Sonst aber ifst man ihn aus Wasser gekocht mit süfsem Wein oder gekochtem Most, oder mit Wein und Honig, wie Spelz (τίφη). Das daraus gebackene Brodt ist unangenehm zu essen". Der Bau des Hafers, der im südlichen Europa

äufserst selten ist, scheint aus jenen Gegenden über das südliche Rufsland, Polen und Ungarn zu uns gekommen zu sein.

Bis jetzt sind mir keine neue Gründe vorgekommen, dafs der Roggen den Alten bekannt gewesen sei. Die Stelle von *Secale* bei Plinius ist wenigstens sehr zweifelhaft, wenn ich auch nicht läugnen will, dafs einige Angaben derselben auf den Roggen passen. Aber was von dem Vaterlande des Roggens gesagt wurde, ist seitdem durch Marschall v. Bieberstein, den Entdecker jener wilden Roggenart, selbst berichtiget worden. Er beschreibt nämlich im *Supplem. Florae taurico-caucas.* p. 93. dieses *Secale* als eine neue Art, *Secale fragile*. Sie ist seitdem in den botanischen Gärten nicht selten, und auch in Podolien und Volhynien bei Charkow gefunden worden. Der wichtigste Unterschied von dem gebaueten Roggen besteht darin, dafs die Spindel der Ähre sich von den Knoten leicht trennt, ein Umstand, der das Dreschen unnütz machen würde. So sind wir also in Rücksicht auf das Vaterland des Roggens wiederum in die vorige Unwissenheit zurückgebracht.

Ich bemühte mich, heraus zu bringen, ob κέγχρος oder ἔλυμος der Griechen, *Panicum italicum* oder *miliaceum* sei. Ich gestehe, dafs ich zu viel auf die Stelle beim Theophrast rechnete, in welcher von kleinen Samen geredet und allein κέγχρος genannt wird. Ich setzte voraus, dafs *Panicum italicum* oder *germanicum* den Alten müsse bekannt gewesen sein, welches doch nicht nothwendig ist. Es scheint mir jetzt, dafs man den Angaben der alten Schriftsteller geradezu folgen müsse, ohne durch Veränderungen des Textes eine Neue herauszuzwingen. Nun ist es eine bestimmte Angabe von Theophrast, wenn er sagt, der Reis bilde keine Ähre, sondern eine Rispe wie κέγχρος und ἔλυμος. Meine Vermuthung, dafs dieses letztere Wort eine Glosse sei, ist nicht erwiesen. Die Behauptung beim Dioskorides, dafs κέγχρος mehr Nahrung gebe als ἔλυμος, welche ich durch eine Behauptung zu beseitigen suchte, es müsse ein Fehler im Text sein, finde ich jetzt durch Galen's Zeugnifs bestätigt (*de aliment. facult. ed.* Kühn, p. 528.) welcher sagt, κέγχρος sei zu Allem besser ἔλυμος oder μέλινος auch μελίνη genannt. Also beide waren ein *Panicum* mit einer Rispe, entweder beide Abänderungen von *Panicum miliaceum*, oder eine derselben eine jetzt unbekannte nicht mehr gebauete Art. Da dieser aber das einzige Beispiel von einer Getreideart sein würde, welche die Alten gebauet hätten, ohne dafs sie auf uns ge-

kommen wäre, so scheint mir die erste Vermuthung wahrscheinlicher. Wir haben auch verschiedene Abarten, sowohl in der Gröfse der Körner, als auch vorzüglich in der Farbe, indem einige goldgelb, andere beinahe schwarz sind. *Panicum italicum* oder *germanicum* kannten also die Alten vermuthlich nicht, eben so wenig als den Roggen und verschiedene Arten von Hafer.

Panicum italicum, unsere kleine Hirse oder Fennich wird in Indien viel gebauet, aber Roxburgh (*Flor. ind. ed.* Wallich. I, 303) sah sie nirgends wild. Der Sanskritname ist (कंगु) *kangu* oder *kongu*. Loureiro (*Flor. cochinch.* 1, 58.) sagt, dieses Gras wachse in Cochinchina, aber er setzt nicht bestimmt hinzu, ob wild oder nur gebaut. Auch von *P. miliaceum*, sanskrit. (वृचिभेद) *Vritschibheda* oder *Anu* giebt Roxburgh das Vaterland nicht an (S. 312.): sondern nennt es blos ein gebauetes Gras. Roth (*Flor. ind.* p. 50.) sagt, er habe eine Abart mit zarter Rispe und spitzigen Blüten aus Sumatra von Heyne bekommen, aber es ist sehr zweifelhaft ob diese Pflanze nicht zu einer besondern Art gehört. Loureiro versetzt es nur nach China. Ferner wird *P. miliare* Lam. (*Nilla schama Tel.*) in Indien gebauet und der Same, besonders von den Bergbewohnern gegessen, aber wild sah es Roxburgh (*l. c.* 311.) auch nicht. Es ist ein wahres *Panicum*. *P. frumentaceum* (*schyamaka* sankr. *Schama* beng.) wird ebenfalls in Ostindien viel gebaut, auch nie wild gefunden (Roxb. *l. c.* 307.). Es gehört zur Gattung *Echinochloa*. Andere indische Getreidearten sind: *P. aspalum scrobiculatum* (*Koradusha* sanskr. *Rodu* beng.) wird auf Bergen und unfruchtbaren Stellen gebauet und häufig gekocht gegessen, wo es, wie Roxburgh (*l. c.* 281.) sagt, eben so gut als Reis schmeckt. Das Vaterland giebt Roxburgh nicht an. *Eleusine coracana* (*Ponacra* oder *Solu* teling *Murna* beng.) wird manchmal bei Regenzeit gebaut und Roxburgh sah es auch nie wild (*l. c.* 343.) Ehrenberg sah dies Gras auch in Abessynien, aber nirgends *Poa abessinica* gebauet.

Gegen meine Behauptung dafs βόσμορον beim Strabo (L. 15, 694.) die Sorghohirse *Sorghum vulgare* oder ein ähnliches sei, äufsert sich Sprengel in den Erläuterungen zum Theophrast S. 307. „Dafs dieses (nämlich *Sorghum*) auch βοσμόρον sei, dessen Onesikratos erwähnt, dafs es in Mesopotamien wachse und kleiner sei als Weizen, ist nicht zu glauben. Weder das Korn der Durra noch der Halm sind kleiner als Weizen." Dagegen hält Sprengel an derselben Stelle den baktrischen Weizen beim Herodot (L. 1, c. 193.) mit Körnern von der Gröfse einer Olive, wiederholt für *Sorghum*. Aber ich

wiederhole es ebenfalls und berufe mich auf die Vergleichung, dafs ein Weizenkorn bedeutend gröfser sei als ein Korn von *Sorghum vulgare*. Übrigens finde ich in Strabo, dafs *βοσμόρον* in Indien wachse, nicht in Mesopotamien, auch sagt er nirgends dafs der Halm kleiner sei, als ein Weizenhalm, sondern es ist nur von der Frucht die Rede. Gebauet werden in Ostindien nach Roxburgh a. a. O. 272. 273 fg. folgende Arten von *Sorghum*, *S. vulgare* (*Dschuar* beng. *Tella* oder *Konda* teling) *S. bicolor* (*Kala deocham* beng., *Kala dschuar* hind. *Muka dschänu* tel.) und *S. saccharatum* (*Deo-dhan* beng.), wozu noch eine verwandte Gattung *S. cernuum* kommt, welche besonders die Bergbewohner von Munipore bauen. Zuletzt *Penicillaria spicata* (*Bajea* hind. *Pedda gantae* tel. und *gantilos*). Alle diese sah Roxburgh nie wild.

Wohl aber ist der Reis, von Theophrast schon als eine indische Getreideart sehr kenntlich beschrieben, eine noch jetzt in Ostindien wilde Pflanze. Da von Roxburgh's Flora die Klasse *Hexandria* noch nicht herausgegeben ist, so müssen wir uns an das Wildenowsche Herbarium halten. In diesem machen überhaupt die von Klein und John, zwei dänischen Missionarien, besonders die von dem ersten gesammelten Pflanzen eine der schätzbarsten Sammlungen. Hier finden sich nun mehrere Exemplare mit folgendem Zettel: *Oryza fatua, Sennel tamul. Sponte crescit, a quibusdam comeditur incolisque affertur.* Klein. Andere mit folgendem: *Oryza spontanea frequentissima in maritimis et profundis stagnis.* Dieses bezieht sich auf die Gegend von Trankebar, woher Klein die Pflanzen schickte, und überhaupt auf die südliche Küste von Coromandel. Ich habe diese Exemplare mit Exemplaren von gebauetem Reis von Damiate verglichen, und finde nicht den geringsten botanischen Unterschied. Beide gehören zu den Abänderungen mit langen Grannen. Der wilde Reis hat etwas mehr braune Knoten, die Haare am Knoten unter der Rispe sind etwas, doch kaum eine halbe Linie, länger, die Rispe ist dünner, und mehrere Blumen haben keinen Samen angesetzt, die Verbindungsstelle der Grannen ist etwas mehr braun. Sonst stimmen sie bis auf die geringsten Kleinigkeiten mit einander überein. Von allen Getreidearten sind diese die einzigen von wilden Pflanzen gesammelten Exemplare, denn soviel ich weifs, haben Olivier und Michaux von dem wilden Weizen, dem wilden Spelz und der wilden Gerste keine Exemplare gesammelt, oder sie sind nicht mehr vorhanden. Dafs man den Reis den Göttern darbringt, scheint ein Denkmal der Dankbarkeit für dieses zum

Lebensunterhalte in jenen Gegenden nothwendigen Getreide. Aus Indien verbreitete sich der Reis ohne Zweifel nach Vorderasien, Afrika, Europa und Amerika, von der andern Seite vielleicht ist er auch in Hinterindien wild nach China, wohin er seinen Weg vermuthlich mit der Buddhareligion fand, gekommen.

Loureiro (*Fl. cochinch.* 1. 267.) giebt verschiedene Arten von Reis an, die allerdings so verschieden scheinen, wie *Triticum commune, durum* und *turgidum*. Dafs wir sie in unserm System der Naturbeschreibung vorläufig als neue Arten betrachten müssen, scheint wohl ausgemacht, aber nichts hindert uns, sie in der Naturgeschichte anf einen Stamm zurückzuführen.

Da nun aber der Reis als ein wirklich noch im wilden Zustande vorhandenes Getreide erwiesen ist, so entsteht die Frage, wo sind die übrigen indischen Getreidearten, zu *Panicum, Paspalum, Eleusine, Sorghum* und verwandten Gattungen gehörig, ursprünglich einheimisch. Den östlichen Theil der Halbinsel kennen wir durch Roxburgh und die Missionarien ziemlich gut, Bengalen, die Circars, Coromandel, aber den westlichen sehr wenig, fast gar nicht in botanischer Rücksicht. Die Gegenden am Indus, das Land der Seiks mit Kabul, die Staaten der Maratten, gehören zu den wenig bekannten Ländern und selbst die englischen Besitzungen in diesem Theile, sogar die Gegend von Bombay hat dem Pflanzensystem äufserst wenige Beiträge geliefert. Dort mögen die indischen Getreide noch wild sein. Einige derselben, wie die Hirse, *Panicum miliaceum*, haben sich schon im Alterthum nach Europa verbreitet, viele nach Afrika, die Sorghumarten und *Eleusine coracana*, nur wenige sind nicht über Indien hinausgegangen, wie *Panicum miliare, frumentaceum, Paspalum scrobiculatum*. Nach Europa, Vorderasien und Afrika konnten sie vom nördlichen und westlichen Indien am leichtesten gelangen.

Die indischen Getreidearten machen die eine Klasse aller Getreidearten aus, die zweite mögen wir die persische nennen, Weizen, Spelz, Gerste. Roggen und Hafer sind die nordischen, von unbekanntem Vaterlande, vielleicht aus dem nördlichen Theile von Kleinasien, Armenien und dem westlichen Kaukasus, den Europäern noch immer sehr wenig bekannten Ländern. Der Mays ist allein amerikanisch, aber noch nirgends wild gefunden. Aber

da ihn die westlichen Völker bauen, welche erst in den neuesten Zeiten den Europäer oder Amerikanern bekannt geworden sind, so möchte wohl auch dort die Heimath dieses Getreides zu suchen sein. Alle amerikanische Tradition zeigt nach Westen oder Nordwesten, als dem Mutterlande auch der Menschheit.

Über

das Fehlen einzelner Theile in sonst ausgebildeten Organismen.

Von

H^rn. K. A. RUDOLPHI.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 20. Julius 1826.]

Die Beobachtungen der älteren Schriftsteller über die pathologische Anatomie sind uns gröfstentheils unbrauchbar, und es konnte wohl nicht anders sein, da sie keine genaue Kenntnifs des natürlichen Baues, und vorzüglich seiner vielfältigen Abweichungen besafsen. Bei der seltenen Gelegenheit, menschliche Leichname zu zergliedern, fehlte ihnen die gehörige Vergleichung: ihre Angaben sind daher nie genau. Der Aberglaube und der damit verbundene Hang zum Wunderbaren vermochte sie auch nicht selten, etwas zu übertreiben, oder unpassende bildliche Ausdrücke davon zu gebrauchen. Wenn z. B. ein Kind mit einem Hechtskopf, mit einem Hasenkopf oder dergleichen beschrieben ward, so lag ein so geringer Schein einer entfernten Ähnlichkeit darin, dafs man sich jetzt schämen würde, so etwas zu erwähnen.

Es ist aber auch bei den Neueren häufig die Untersuchung flüchtig genug geführt worden, und die gewöhnlichen Leichenöffnungen der in der Privatpraxis oder in clinischen Anstalten verstorbenen Personen werden mehrentheils zu obenhin gemacht, um wirklichen Gewinn geben zu können.

Wenn man daher die Beobachtungen der Schriftsteller an einander reihen will, so ist nichts nothwendiger, als die Fälle kritisch zu würdigen, um das Unbrauchbare zu entfernen.

Ich bin durch nichts so sehr hiervon überzeugt geworden, als durch die genauere Erforschung des angeblichen ursprünglichen Mangels einzelner Organe in sonst ausgebildeten Körpern. Dieses mufs man nämlich unterscheiden, denn in Misgeburten fehlen oft ganze Systeme von Organen, oder

mehrere Organe zugleich: davon ist hier aber nicht die Rede, sondern nur von den Fällen, wo in sonst ausgebildeten Organismen einzelne Theile fehlen sollen.

Am häufigsten hat man von dem Mangel einer Niere gesprochen: ich bezweifle aber sehr, dafs jemals ein solcher Fall stattgefunden hat. Wenn ältere Schriftsteller zwei zusammengewachsene Nieren als eine betrachteten, so kann das gar nicht hieher gehören, denn die flüchtigste Untersuchung zeigt darin zwei Nierenbecken und Harnleiter, so wie doppelte Blutgefäfse, also wirklich zwei, nur mehr oder minder verschmolzene Nieren.

Man findet aber zuweilen wirklich nur eine Niere vor, und hier bedarf es der näheren Untersuchung. Noch in dem verflossenen Winter fand sich auf dem anatomischen Theater in einer weiblichen Leiche nur eine Niere, und Alle sagten, die andere fehle. Ich verwiefs aber auf die genauere Präparation, und da zeigte sich ein Körper, der für sich unkenntlich gewesen wäre, der sich aber durch die theilweise erhaltene und an ihn hangende Nebenniere auf das Bestimmteste als eine durch Eiterung zerstörte Niere auswies. In ein paar andern Fällen fand ich die angeblich fehlende Niere als einen kleinen verkrüppelten Körper, das eine Mal kaum so grofs, als eine Haselnufs, das andere Mal etwas gröfser, allein viel tiefer, als die Niere sonst zu liegen pflegt. Die zu diesen Körpern besonders gehenden Arterien und die durchgeschnittene Substanz liefsen keinen Zweifel. Einmal fand ich bei einem neugebornen Kinde weder Nieren noch Nebennieren, allein bei näherer Untersuchung zeigten sich an beiden Seiten der grofsen Gefäfse ziemlich symmetrische Haufen von Hydatiden, die ungefähr den Durchmesser einer halben Linie hatten, in welche jene Organe umgewandelt waren. Vor nicht langer Zeit beobachtete ich bei einem Kinde auf der rechten Seite eine grofse Nebenniere und eine kleinere Niere; auf der linken Seite war die Nebenniere noch viel gröfser, und die Niere schien zu fehlen; es fand sich aber statt ihrer ein erbsengrofser Körper, der also in seiner Entwicklung sehr früh stehen geblieben war. Diefs konnte der ursprüngliche Fehler sein, und die offenbar den Nieren sehr analoge Nebenniere sich deswegen so widernatürlich vergröfsert haben; es war aber auch möglich, dafs die zu rasche Vergröfserung der Nebenniere die Entwickelung der Niere verhindert hatte. Für beide Möglichkeiten finden sich leicht Beweise. Wenn ein Backenzahn bei Thieren mit zusammengesetzten Zähnen abbricht, oder sonst krankhaft

zerstört wird, so verlängert sich leicht der ihm entsprechende Zahn des andern Kiefers und wächst in die Lücke hinein. Umgekehrt, wenn Eingeweide bei einem Foetus vorgefallen sind, so wird die Extremität, welche daneben hervorgehen soll, leicht verkrüppelt und klein, weil sie nicht Platz zur Entwicklung findet.

Wenn also, um zu den Nieren zurückzukehren, von dem Fehlen einer derselben die Rede ist, so kann nur dann darüber entschieden werden, wenn die Bauch- und Beckenhöle genau untersucht sind, ob hier nämlich ein Körper liegt, der für eine durch Krankheit zerstörte, oder früh verkrüppelte Niere gehalten werden mufs, und ob Gefäfse da sind, welche den Nierengefäfsen und Ureteren entsprechen. Auf ähnliche Weise sieht man, wenn nur eine Lunge vorhanden ist, dafs die andere nicht ursprünglich gefehlt hat, sondern nur durch Krankheit zerstört ist, weil die eingeschrumpften Lungengefäfse noch vorhanden sind; doch ist hier freilich auch die Vergleichung der beiden Seiten der Brusthöle beweisend (1).

In Ansehung der Nebennieren will ich noch bemerken, dafs ich die Angabe der Schriftsteller, dafs bei kopflosen Misgeburten die Nebennieren fehlen, nicht bestätigt gefunden habe. Unser Museum besitzt drei dergleichen wahre *Acephali*. In zweien derselben sind beide, und in dem dritten eine Nebenniere vorhanden. Bei den Halbköpfen finde ich aber auch die Nebennieren sehr klein, und einmal habe ich sogar bei einem solchen beide vermifst.

Sehr häufig hat man von der Gallenblase behauptet, dafs sie ursprünglich gefehlt habe: ich bin aber sehr mistrauisch dagegen. Mehrere Male habe ich schon keine Gallenblase gefunden, allein ohne Ausnahme deutliche

---

(1) Spätere Anmerkung. Im November 1828. fand sich auf dem anatomischen Theater dem Anscheine nach nur eine Niere in einem weiblichen Körper. Den rechten normalen Nierengefäfsen schienen keine auf der linken Seite zu entsprechen, es war nämlich keine *Arteria renalis sinistra* vorhanden, und die linke *Vena renalis* nahm nur die Nebennieren- und Saamenvenen auf. Bei genauer Untersuchung zeigte sich aber auf der rechten Seite über einen Zoll unter der ausgebildeten Niere ein länglicher Körper, der etwa anderthalb Zoll lang, zwei bis drei Linien breit und eine dick war; zu ihm ging eine eigene Arterie aus der Aorta und ein bandförmiger Ureter ging zur Harnblase. Die Substanz des Körpers war sehr weich und zeigte keine deutliche Organisation. Offenbar war diefs also eine verkrüppelte Niere, und ohne genaue Untersuchung konnte man bei dem Mangel der Nierengefäfse an der linken Seite sie sehr leicht für fehlend halten.

Spuren ihres früheren Daseins; nämlich Überreste des Gallenblasengangs, und an ihrer Stelle selbst eine verhärtete Masse, wenn auch nur geringen Umfangs. Man weifs aber auch, wie häufig Leberbeschwerden sind, und wie leicht sich Leberabscesse in den Queergrimmdarm öffnen, so dafs die Entfernung der kranken Gallenblase leicht zu erklären ist. Ein neuerer Schriftsteller, Fr. Guil. Hnr. Trott (*de vesicula fellea specimina duo. Erlang.* 1822. 4. II. p. 12.) sagt, dafs er zwei Fälle von ursprünglichem Mangel der Gallenblase kenne, die er näher zu beschreiben versprochen hat. Allein dies ist nicht geschehen, und bis dahin bleibe ich im Zweifel. Bei Vögeln sollen öfters Fälle vorkommen, wo die Gallenblase fehlt, allein jenes sind gerade Thiere, bei denen die Leber so leicht krank wird, und wenn Trott (a. a. O.) sagt, dafs Perrault unter sechs Exemplaren der numidischen Jungfer (*Ardea Virgo*) bei zweien keine Gallenblase gefunden habe, so ist das falsch; Perrault spricht blos von ihrer kranken Leber. Von den Perlhühnern dagegen sagt Perrault allerdings, dafs er unter zehn Exemplaren bei einigen keine Gallenblase gefunden habe, giebt aber ausdrücklich an, dafs die Leber zugleich sehr krank war, wie sie es denn bei den hühnerartigen Vögeln bekanntlich sehr leicht wird. Diese Fälle sagen also gar nichts. Es ist bei Vögeln eine grofse Thätigkeit in der Gallenblase, so dafs in ihr und ihrem Gange zum Darm deutliche Bewegung statt findet; ein so wesentlicher Theil wird daher, ohne durch Krankheit zerstört zu sein, schwerlich so oft fehlen (1).

Die Hoden habe ich niemals fehlen, allein ein paar Mal auf das Äusserste verkrüppelt gesehen. In dem einen Falle, bei einem ausgewachsenen Mann, lagen sie im Hodensack, waren aber, wie auch die Ruthe, nur so grofs, wie bei einem neugebornen Kinde. In dem andern Falle, bei einem

---

(1) Spätere Anmerkung. Im Winter 1827. habe ich einen Fall zu untersuchen Gelegenheit gehabt, der hier eine passende Stelle finden wird. Es ward ein Knabe anscheinend gesund geboren, bekam aber nach zwei Tagen die Gelbsucht und starb mit acht Wochen. Hier fanden sich eine sehr kleine zusammengeschrumpfte Gallenblase, der Gallengang wie gewöhnlich, und auch Lebergänge; allein kein *Ductus choledochus*; der Lebergang, wo er mit ihm zusammenmünden sollte, endigte sich stumpf und dick und am Zwölffingerdarm war auch nichts von ihm zu sehen. Ursprünglich hatte er aber schwerlich gefehlt, da die Stelle, wo er entspringen sollte, so widernatürlich verdickt war. Eine Abbildung des Präparats findet sich in C. Fr. Jul. Donop *Diss. de Ictero Neonatorum Berol.* 1828. 4.

achtzigjährigen Greise, war der Hodensack leer, und die Hoden lagen am Schaamberge aufserhalb des Bauchrings. Der eine war so grofs, wie bei einem neugebornen Kinde, der andere war aber nur ein Klümpchen dichtes Zellgewebe, doch waren bei beiden die Samenleiter und Samengefäfse vorhanden. In diesen Fällen war es gewifs Mangel an Entwicklung. Interessant ist aber Larrey's Beobachtung, dafs bei mehreren Soldaten in Ägypten durch den Genufs des mit *narcoticis* vermischten Brantweins die Hoden schwanden und zugleich ein Schwachsinn eintrat. Würde das letztere bei einer Verkleinerung des Hoden gefunden, so wäre es wohl ohne Weiteres ein Zeichen dafs sie krankhaft verkleinert wären, denn die Sympathie zwischen den Geschlechtstheilen und dem Gehirn, vorzüglich dem kleinen Hirn, ist aufserordentlich grofs.

Walter (*Museum Anatomicum* p. 112. n. 778.) führt ein Präparat weiblicher Geschlechtstheile auf, woran der rechte Eierstock fehle. Allein ich habe das Präparat untersucht und der Eierstock fehlt nicht; nur liegt er an einem langen *ligamentum ovarii* weiter von der Gebärmutter entfernt, als gewöhnlich, und wird von dem Ende der Fallopischen Röhre umgeben, wie es mehrentheils bei den Thieren geschieht. Der linke Eierstock ist von natürlicher Gröfse, der rechte aber nur wenige Linien lang, hat aber nicht die lange cylindrische Gestalt, wie bei dem Embryo, sondern ist elliptisch, hat sich also verändert, hat die Gestalt angenommen, die er haben sollte, ist aber viel zu klein geblieben, woran wohl die Entfernung von der Gebährmutter und der daher verminderte Andrang des Bluts schuld war.

Unter den Gefäfsen giebt es tausendfache Abweichungen, da ein Organ von verschiedenen Seiten sein Blut empfangen kann. Es schliefsen sich zuweilen krankhaft Gefäfse; es sind zuweilen Gefäfse krankhaft unentwickelt, allein sie fehlen nicht.

Unter den Muskeln habe ich unzählige Male überschüssige oder verdoppelte gesehen; wesentliche habe ich dagegen nie fehlen, nur kleinere Spannmuskeln einiger Sehnenhäute, den *pyramidalis abdominis*, den *psoas minor*, den *plantaris*, den *palmaris*. Ihre Schnenhäute fehlen auch nicht. Wenn der *palmaris longus* öfters fehlt, so ist das Gegentheil mit dem *plantaris brevis* der Fall, den ich nur ein einziges Mal und zwar an beiden Händen habe fehlen sehen; dafür nahm aber die verstärkte *aponeurosis palmaris* den ganzen Raum ein, den er hätte ausfüllen sollen. Der *plantaris longus* hat

bei uns wenig Thätigkeit; eben so der *psoas minor* und der *pyramidalis*, den letzteren besitzen nur wenige Thiere; dafs es nur ein Spannmuskel ist, ist klar, denn ich habe ihn bei der Hyäne und bei dem Eisbären, zwar in der Scheide der geraden Bauchmuskeln, allein nicht innerhalb sondern an der äufsern Seite der letztern gefunden. Zuweilen fehlt ein Geminus, dann ist der andere gewöhnlich gröfser.

Im Gehirn sollen ein paar Male Theile gefehlt haben, allein kein einziger Fall der Art ist gehörig erwiesen. Die Zirbeldrüse z. B. ist von ungeübten Händen sehr leicht mit den sie umgebenden Gefäfsen wegzunehmen; wenn also von ihrem Mangel so obenhin gesprochen wird, so ist gar nichts darauf zu geben. Eben so wenig auf den angeblichen Mangel der durchsichtigen Scheidewand, die wegen ihrer Zartheit, besonders wenn Wasser im Gehirn ist, oft bei aller Sorgfalt zerreifst, und dann zu fehlen scheint. Sie greift so wesentlich in den Gehirnbau des Menschen und der Säugthiere ein, dafs ich mir die Gehirnbildung bei ihrem Mangel gar nicht vorzustellen wüfste. Etwas ähnliches gilt wohl vom *Corpus callosum*, welches ich tief eingerissen gesehen habe; Reil soll es einmal vermifst haben; es war auch ein angebliches Präparat davon in dessen Nachlafs vorhanden, woran ich aber nichts habe erkennen können. Ich habe wohl das hintere Horn der Seiten-Hirnhölen kleiner, habe die Zirbeldrüse voll Wasser u. s. w. gesehen, allein nie etwas fehlen.

Nerven der Haut, der Muskeln u. s. w. fehlen nie, ohne sie wäre jener Leben undenkbar.

Was dagegen allerdings zuweilen fehlt, sind die Sinnesorgane, und dann auch ihre Nerven, Muskeln u. s. w.

1. Von mangelnden Zungenwärzchen an einer menschlichen Zunge in des verstorbenen Bonn's Kabinet erzählt Sömmerring; wie sich der Geschmacksnerve dabei verhalten hat, ist aber nicht bekannt.

2. Von den mangelnden Geruchsnerven bei einem Menschen, der nichts roch, erzählt Rosenmüller ein Beispiel; ich habe vor ein paar Jahren das Präparat in Leipzig untersucht, und mufs gestehen, dafs ich nicht blos die Geruchsnerven am Gehirn vermifste, sondern auch deren Ausbreitung an der Scheidewand, deren Haut zurückzulegen mir erlaubt ward.

Wir besitzen ebenfalls ein solches Präparat, jedoch ohne zu wissen, ob der Mann, von dem es ist, riechen konnte oder nicht. Knape wollte

das Gehirn zur Demonstration gebrauchen, und wie er die seltene Misbildung fand, rief er mich mit seiner gewohnten Güte herbei und schenkte mir den Kopf für das Museum. Auf der einen Seite ist der Geruchsnerve etwa einen halben Zoll lang und hört dann spitz auf; auf der andern fehlt er ganz, doch sind ein paar seiner Wurzeln vorhanden. In der Nasenhöle ist keine Spur von den Zweigen der Geruchsnerven.

Ein Mangel der Augen ist so gar selten nicht. Ich habe einmal bei einem neugebornen Kinde das rechte Auge mit allen äufsern und innern Theilen, mit dessen Muskeln, Nerven, ja selbst mit der Augenhöle fehlen sehen, so dafs die Haut an der Seite glatt von der Stirn zur Wange lief, und habe den Fall in den Schriften der Königl. Akademie ausführlich beschrieben. Ein andres Mal vermifste ich bei einem neugebornen Kinde beide Augäpfel, allein alle äufseren Theile, Augenbrauen, Augenlieder u. s. w. waren vollständig ausgebildet, so dafs Malacarne's Eintheilung der zu den Augen gehörigen Theile in mehrere Systeme dadurch sehr wohl erläutert ward.

Bei den Taubstummen ist gewöhnlich nur ein Fehler in der Paukenhöle wahrzunehmen, es kann aber auch das ganze Labyrinth fehlen, wie ich selbst beobachtet habe, so dafs der Felsentheil des Schlafbeins sehr geschwunden war.

Beiläufig will ich hier bemerken, dafs es doch nicht so gleichgültig ist, wenn sich Personen mit mangelnden Sinnen heirathen, wie Manche geglaubt haben. Hier in Berlin ist ein Fall beobachtet, wo ein Tauber eine Hörende geheirathet hat: die in dieser Ehe erzeugten Knaben sind sämmtlich taubstumm, während die Mädchen gut hören. Aus Nordamerika ist ein Fall erzählt, wo in einer Familie die Blindheit viele Mitglieder mehrere Generationen hindurch in einem gewissen Alter betroffen hat. Es geht hier sogar in das Allerspecielleste. Bloch erzählte von einer hiesigen bürgerlichen Familie, bei der eine Spaltung der Iris und eine *Cataracta centralis* erblich sei; ich kenne hier noch ein Mädchen aus einer späteren Generation dieser Familie, das auf beiden Augen mit demselben Übel behaftet ist. Wir sehen ja auch den Mangel des schwarzen Pigments der Augen sich bei Thieren, z. B. den weifsen Mäusen und Kaninchen, auf das leichteste fortpflanzen.

Vielleicht eben wegen der starken Sinneseinwirkung die leichte Fortpflanzung der Krankheiten der Sinnesorgane, und daher ihr häufigeres Vorkommen.

Stellen wir also zusammen, was im Einzelnen zuweilen fehlt, so sehen wir, dafs es im Ganzen nicht viel ist, und man kann es vielleicht unter folgende Punkte zusammen fassen:

Erstlich, wo ein krankhafter Zustand gleich in dem ersten Entwickeln desselben bei dem Embryo daran schuld war.

Meckel nimmt alles Mehrfache für vergröfserte, alles Fehlen für verminderte Energie, allein davon wissen wir nichts. Er glaubt nämlich mit C. F. Wolff, dafs doppelte, vereinigte Früchte von einem Keim aus, durch vermehrte Kraft doppelt ausgebildet sind, allein das ist leicht zu widerlegen. Zwei, drei Keime können bei der Empfängnifs successive, wenn auch in der schnellsten Folge, jeder für sich entstehen und getrennt bleiben, können aber auch in demselben Moment und so zugleich hervorgehen, dafs die Keime sich wechselsweise durchdringen, und nun von diesem, von jenem Punkt aus, ihre Systeme gemeinschaftlich auseinander stralen. Zuweilen ist das Gehirn, das Rückenmark, das Herz und die Gefäfse von einem Theil ausgehend; zuweilen hängen nur Foetus am Kopf zusammen, so dafs sich blos die Kopfknochen und die Gehirnhäute vereinigt zeigen, die Gehirne und die grofsen Gefäfse aber in keinem Punkte zusammenfliefsen; zuweilen ist der unterste Theil des Rückenmarks bei den Kindern ganz allein gemeinschaftlich, alles Übrige aber getrennt. Wolff und Meckel hatten nur solche Fälle vor Augen, wo beide Foetus mit einem gemeinschaftlichen Nabelstrang versehen waren, allein sobald sie nicht mit der Bauch-, sondern mit der Rückenseite verschmolzen sind, so hat jedes Kind seinen eigenen Nabelstrang. An drei unter einander verschmolzene Foetus dachten sie nicht, sonst möchten sie wol die Theorie noch weniger angenommen haben.

Hier ist also von keiner gröfseren Energie die Rede, so wenig als von einer geringeren bei dem Mangel eines Theils. Oft sind Kinder auf das Kräftigste ausgebildet, allein ein ganzer, ein halber Arm, ein Paar, alle Extremitäten fehlen. Hier ist wahrscheinlich die Vegetation durch das gestört, was bei dem Foetus am allerfeindlichsten einwirkt, namlich durch Überfüllung mit Blut. Die Regeneration wird nicht durch schwächere Reaction

verhindert, sondern durch stärkere, daher bei kaltblütigen Thieren Regenerationen, die bei warmblütigen unmöglich sind.

Zweitens. Es ist aber auch sehr wohl möglich, dafs der Keimstoff bei der Empfängnifs nicht Alles enthält.

Aus eben dem Grunde sind auch einzelne Theile, besonders bei Zwillingsgeburten, überschüssig vorhanden, und Acephali werden wohl selten allein geboren. Ich habe in den Schriften der Akademie einen Fall beschrieben, wo neben zwei völlig ausgetragenen Kindern ein blofser Kopf geboren ward; Ruysch (*Thesaurus* IX. n. XXIV.) erzählt einen Fall, wo am Mutterkuchen eines ausgetragenen, starken Kindes, ein einzelner Fufs an einer Fettgeschwulst hing, und im Grunde gehören alle die häufigen Fälle hieher, wo sonst wohl und vollständig ausgebildeten Kindern einzelne überschüssige Theile anhängen. Es war in solchen Fällen mehr Keimstoff vorhanden, als zu zweien, allein nicht genug zu dreien; mehr als zu einem, aber nicht genug zu zweien u. s. f.

Übrigens will ich zum Schlusse bemerken, dafs die Theorie, welche kürzlich Serres in seiner vergleichenden Anatomie des Gehirns aufgestellt hat, die Entstehung und den Mangel der Theile um nichts besser erkläre, als die früher gewöhnlich angenommene. Statt dafs man sonst die Bildung vom Centrum annahm, glaubt Serres, dafs sie von der Peripherie ausgehe und nach dem Centrum dringe. Jede Regeneration aber spricht gegen ihn, so wie die frühere Bildung des Stammes, die spätere des Kopfs, der Extremitäten, und dieser im Einzelnen ganz vom Centrum aus. Gegen die frühere Theorie spricht das Ausgebildetsein vieler Organe, während die Centralorgane frühzeitig krankhaft fehlten, z. B. das Vorkommen der Nerven in allen Theilen, bei gänzlichem Mangel des Gehirns und Rückenmarks.

Ich habe daher in allen Theilen des Centrums, wie der Peripherie, nach Maafsgabe des Zeitpuncts ihrer Entwicklung, die Entstehung an jedem Orte als primitiv, oder durch Zeit und Ort als nothwendig bedingt, ansehen zu müssen geglaubt, und finde gegen diese Theorie bis jetzt keine entkräftende Gründe.

Weiterer Verfolg des Lehrsatzes über die Theilung des Dreiecks (*).

Von

H^rn. WEISS.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 13. Juli 1826.]

Fernere Lehrsätze über das Dreieck, welches durch drei aus den Ecken durch einen gemeinschaftlichen beliebigen Punkt nach den gegenüberliegenden Seiten gezogene Linien getheilt ist (1).

Es geht aus dem früher (a. a. O.) entwickelten Lehrsatze, einem der ersten, auf welchen mich meine krystallographischen Untersuchungen leiteten, eine grofse Reihe von Folgesätzen hervor, unter denen gewifs mehrere eine allgemeinere Aufmerksamkeit verdienen. Um sie zum Theil auch in Worten aussprechen zu können, werden wir die gegen die Ecken des Dreiecks ABC gerichteten Stücke o, u, y (Fig. 1. a. a. O.) der getheilten inneren Linien (CE, AD und BQ) die Eckstücke, die gegen die Seiten (AB, BC und AC) gekehrten, p, v, z die Seitenstücke derselben nennen. Die Stücke der getheilten Seiten, wie a, e, i, oder b, f, k (2) heifsen abwechselnde, solche, wie a und f, b und i, e und k gegenüberliegende, solche, wie a und k, b und e, f und i, benachbarte oder an-(einander) liegende, solche, wie a und b, e und f, i und k endlich einander zugehörige, oder Supplementstücke.

(*) S. die Schriften der physikalischen Klasse vom Jahre 1824. S. 241 fgg. desgleichen von den Jahren 1818 und 1819. S. 277.

(1) S. Fig. 1. Taf. 1. der angef. Abhandl. v. 1824.

(2) $a+b=AB$; $e+f=BC$; $i+k=AC$; eben so ist $o+p=CE$; $u+v=AD$; $y+z=BQ$.

Wir wollen mit einem Folgesatze beginnen, welcher sich an die letzten in der vorigen Abhandlung gefolgerten (1) zunächst anschliefst, und auf der nämlichen dort angegebenen Proportion beruht, wie diese. Wir bewiesen nemlich dort: dafs

$$\frac{o}{o+p} = \frac{v}{u+v} + \frac{z}{y+z}\ ;\quad \text{dafs ferner}$$

$$\frac{p}{o+p} + \frac{v}{u+v} + \frac{z}{y+z} = 1,\quad \text{und } \frac{o}{o+p} + \frac{u}{u+v} + \frac{y}{y+z} = 2$$

Die Proportion, aus welcher sich dies ergab, die 20ste der a.a.O. S. 245. angeführten,

$$o : p : o+p = z(u+v) + v(y+z) : uy - vz : (u+v)(y+z)$$

giebt nun unmittelbar den

Folgesatz I.

$$ouy = 2pvz + ovz + upz + ypv$$

welches sich auch so ausdrücken läfst,

$$ouy = vz(o+p) + pz(u+v) + vp(y+z) - pvz$$

In Worten: *Das Produkt der Eckstücke der (getheilten) inneren Linien ist gleich dem doppelten Produkt der Seitenstücke, hinzu addirt die Summe der drei Produkte des Eckstücks der einen mit den Seitenstücken der beiden anderen.*

Oder: *es ist gleich der Summe der drei Produkte einer ganzen inneren Linie mit den Seitenstücken der beiden anderen, abgezogen das Produkt der drei Seitenstücke unter sich.*

Aufserdem ergiebt sich hier, wie überall, wo wir Gleichungen für die Produkte je dreier Linien haben (2), dafs diejenigen rechtwinklichen oder überhaupt gleichwinklichen Parallelepipede oder Summen von Parallelepipeden einander gleich sind, deren Seiten sich verhalten, wie die

---

(1) a.a.O. S. 246.

(2) Schon in den vier Gleichungen, welche wir aus unserm Lehrsatz in seiner ersten Gestalt zogen (a.a.O. S. 244. Note 1.), waren die Folgesätze enthalten, dafs z.B. zwei rechtwinkliche Parallelepipede sich gleich sind, deren eines zu seinen Seiten die Linien n, y, a, das andre die Linien $m, x, (a+b)$ nach der dortigen Bezeichnung hat; oder dafs das rechtwinkliche Parallelepiped mit den Seiten, n, y, v, gleich ist der Summe der drei, deren Seiten die Linien sind: m, x, v; m, x, w; und m, y, w; u.s.f.

(mit einander zu multiplicirenden) Linien auf der einen Seite der Gleichung, zu denen auf der andern Seite; im obigen Falle ist die Summe der fünf (gleichwinklichen) Parallelepipede der mit einander zu multiplicirenden Linien der zweiten Hälfte der Gleichung gleich dem Parallelepiped der Linien der ersten Hälfte.

Eine bloſse Variation dieses ersten Folgesatzes ist z. B. die Gleichung

$$ou\,(\gamma+z) = p\nu\,(\gamma+z) + z\,(o+p)\,(u+\nu)\,;$$

in Worten: *das Produkt zweier Eckstücke mit der ganzen dritten inneren Linie ist gleich dem Produkt der zugehörigen Seitenstücke mit der nemlichen dritten, plus dem des Seitenstücks der letzteren mit den beiden andern ganzen.* Oder:

$$o\,(u+\nu)\,(\gamma+z) = z\,(o+p)\,(u+\nu) + \nu\,(o+p)\,(\gamma+z),$$

d. i. *das Produkt des Eckstücks mit den beiden andern innern Linien ist gleich der Summe der zwei Produkte, je eines Seitenstücks der beiden letzteren, mit den beiden andern ganzen.*

Beide Formen ergeben sich direct aus der Vergleichung unserer angeführten 10ten Proportion mit der 8ten (1).

$$\text{II.}\quad \begin{cases} eko = p\,(ei+fk) \\ biu = \nu\,(bk+ai) \\ afy = z\,(ae+bf) \end{cases}$$

In Worten: *Das Produkt zweier gegenüberliegender Stücke der Seiten des Dreiecks mit dem Eckstück der sie nicht berührenden inneren Linie ist gleich dem Produkt des Seitenstücks derselben inneren Linie mit der Summe der Produkte aus den nemlichen einzelnen Stücken der Seiten in das Supplement der anderen.*

Der Beweis liegt in der 6ten, 7ten und 13ten der a. a. O. gegebenen Proportionen am Tage (2).

---

(1) Dort war nemlich:

$$\nu\,(o+p) : o\,(u+\nu) = \nu\,(\gamma+z) : z\,(u+\nu) + \nu\,(\gamma+z)$$

Also $o(u+\nu)(\gamma+z) = (o+p)\,z\,(u+\nu) + (o+p)\,\nu\,(\gamma+z)$

und $ou(\gamma+z) = p\nu(\gamma+z) + (o+p)\,z\,(u+\nu)$, wie oben.

(2) Die 13te Proportion z. B. gab

$o : p = fk + ei : ek$; daher eko u. s. w. wie oben.

Die 6te gab $a : b = iu - k\nu : iv$;

also $biu = aiv + bk\nu = \nu\,(ai+bk)$ wie oben.

Die 7te gab $a : b = fz : fy - ez$; daher

$afy = bfz + aez = z\,(ae+bf)$

Um für eine Gröfse, wie $(ei+fk)$, einen kurzen Ausdruck zu haben, können wir sie auch das Kreuzprodukt in der Ecke nennen (¹), im Gegensatz des Kreuzproduktes an der Seite, wie wir eine Gröfse wie $(ae+bk)$, oder auch des Kreuzproduktes quer-über, oder an-Eck'-und-Seite, wie wir eine Gröfse wie $(af+bi)$ nennen würden; endlich auch im Gegensatz der Nicht-Kreuzprodukte, wie z.B. $ai+fb$.

Aus den drei vorigen Gleichungen (II) zusammen ergiebt sich:

III. $abefikouy = pvz\,(ei+fk)\,(bk+ai)\,(ae+bf)$, oder
$pvz : ouy = abefik : (ei+fk)\,(bk+ai)\,(ae+bf)$, d.i.

das Produkt der Seitenstücke der inneren Linien verhält sich zum Produkt der Eckstücke, wie das Produkt der sechs Stücke der Seiten des Dreiecks zum Produkt aus den drei Kreuzprodukten in der Ecke; oder (erste Gleichung) *das Produkt der Eckstücke der inneren Linien in die sechs Stücke der Seiten ist gleich dem Produkt der Seitenstücke der inneren Linien mit den Kreuzprodukten in der Ecke.*

IV. $$\begin{cases} beou = pv\,(a+b)\,(e+f) \\ fiuy = vz\,(e+f)\,(i+k) \\ akoy = pz\,(a+b)\,(i+k) \end{cases}$$

Es ist also *das Produkt zweier in einem Winkel des Dreiecks zusammenstofsender Stücke der Seiten mit den Eckstücken der inneren Linien der beiden anderen Winkel gleich dem Produkt der nemlichen ganzen Seiten mit den Seitenstücken derselben inneren Linien.*

(¹) Aus der in der vorigen Abhandlung a.a.O. S. 242. aus dem allgemeinen Lehrsatz abgeleiteten Gleichung $aci = bfk$ (im abgekürzten Ausdrucke, vgl. Prop. 1. S. 245.) geht hervor, dafs eine Gröfse wie $ei+fk = \frac{a}{b}\,ei + \frac{b}{a}\,fk$; eine Gröfse wie $ae+bk = \frac{i}{f}\,ae + \frac{f}{i}\,bk$; und eine solche wie $ai+fb = \frac{e}{i}\,ai + \frac{i}{e}\,fb$; eine Reihe auszeichnender Eigenschaften, welche eine Gröfse wie $(af+bi)$ nicht mit ihnen theilt.

Dafs $ei\,(a+b) = b\,(ei+fk)$, $fk\,(a+b) = a\,(ei+fk)$ u.s.f., wie z.B. die Vergleichung der 12ten und 13ten, der 11ten und 13ten Proportion direct giebt, ist die nächste Folge von $aei = bfk$; aus beiden aber geht wieder hervor

$eifk\,(a+b)^2 = ab\,(ei+fk)^2$, und hieraus

$ei+fk = (a+b)\sqrt{\frac{eifk}{ab}}$; auch

$eifk\,(a^2+b^2) = ab\,((ei)^2+(fk)^2) = ab\,(e^2i^2+f^2k^2)$; oder auch

$(ei)^2+(fk)^2 = \left(\frac{a}{b}+\frac{b}{a}\right)eifk$

Der Beweis findet sich für die zweite Form aus der Vergleichung unserer 2ten und 3ten Proportion; einen andern werde ich unten bei No. XIV. hinzufügen.

Folgerungen wie diese, $be : (a+b)\,(e+f) = pv : ou$ oder $\frac{o}{p} : \frac{v}{u} = \frac{a+b}{b} : \frac{e}{e+f}$ bedürfen kaum einer besonderen Erwähnung (1). Aussprechen liefse sich die erstere Proportion so: *das Produkt zweier anliegender Stücke der Seiten verhält sich zum Produkt der nemlichen ganzen Seiten, wie das der sie berührenden Seitenstücke der inneren Linien zu dem der Eckstücke derselben inneren Linien.* Die zweite: *Der Quotient eines Eckstücks einer inneren Linie durch sein Seitenstück verhält sich zum Quotienten des Seitenstücks durch das Eckstück einer der beiden anderen, wie der Quotient der zugekehrten Seite des Dreiecks durch das von der zweiten inneren Linie abgekehrte Stück derselben Seite zum Quotienten des anliegenden Stückes der anderen durch die ganze.*

Aus den drei obigen Gleichungen (IV) zusammen ergiebt sich (vgl. auch VII. zu Ende):

V. $abefiko^2u^2y^2 = p^2v^2z^2\,(a+b)^2(e+f)^2(i+k)^2$, und

$ouy\sqrt{abefik} = pvz\,(a+b)\,(e+f)\,(i+k)$;

also $pvz : ouy = \sqrt{abefik} : (a+b)\,(e+f)\,(i+k)$, d.i.

es verhält sich das Produkt der Seitenstücke der inneren Linien zu dem der Eckstücke, wie die Quadratwurzel des Produktes der sechs Stücke der Seiten zum Produkt der drei Seiten des Dreiecks; oder: *das Produkt der sechs Stücke der Seiten in die Quadrate der Eckstücke der inneren Linien ist gleich dem Produkt der Quadrate der Seitenstücke in die Quadrate der Seiten des Dreiecks,* oder: *das Produkt der Eckstücke (der inneren Linien) in die Quadratwurzel der sechs Stücke der Seiten ist gleich dem Produkt der Seitenstücke in die drei Seiten des Dreiecks.*

---

(1) So leuchtet auch unmittelbar ein, dafs, wo wir, wie hier, Gleichungen für die Produkte von mehr als drei Linien haben, die gleichwinklichen Parallelepipede, die mit je drei beliebigen dieser Linien der zweierlei Hälften der Gleichung construirt werden, in einem Verhältnifs stehen, welches die Gleichung angiebt; so im obigen Fall, wo der Linien je vier sind, die Parallelepipede, das eine mit den Linien e, o, u, das andere mit denen $p, v, e+f$, verhalten sich umgekehrt wie ihre zugehörigen vierten Linien d.i. wie $a+b : b$, oder die mit den Linien b, e, u und $v, a+b, e+f$, wie $p : o$ u.s.f.

Vergleicht man nun diese Gleichung mit der obigen No. III., so folgt:

VI. $(a+b)(e+f)(i+k)\sqrt{abefik} = (ei+fk)(bk+ai)(ae+bf)$

also: *das Produkt der drei Seiten des Dreiecks multiplicirt mit der Quadratwurzel des Produktes ihrer sechs Stücke, ist gleich dem Produkt der drei Kreuzprodukte in den Ecken.*

Einen minderen Grad von Symmetrie in der Lage der bezeichneten Theile, aber dennoch einen gleich hohen Grad von Einfachheit in der Form zeigen die folgenden Gleichungen:

VII.
$$\begin{cases} aeo = fp\,(a+b) \\ bko = ip\,(a+b) \\ eiu = kv\,(e+f) \\ fbu = av\,(e+f) \\ iay = bz\,(i+k) \\ kfy = ez\,(i+k) \end{cases}$$

Wollte man auch diesen Gleichungen noch Worte geben, so würde man sagen können: *das Produkt zweier abwechselnder Stücke der Seiten mit dem sie beide nicht berührenden Eckstücke ist gleich dem Produkt aus dem Seitenstück derselben inneren Linie, der ganzen Seite, gegen welche diese sich kehrt, und dem Supplementstück der anderen von jenen zwei Seiten.*

Die Richtigkeit dieser Gleichungen aber ergiebt sich aus der 2ten, 3ten, 4ten und 5ten, so wie aus der 11ten und 12ten unserer a. a. O. entwickelten Proportionen theils unmittelbar, theils durch Substituirung der analogen Glieder; oder auch durch Vergleichung z. B. der 11ten und 14ten, der 12ten und 15ten, der 13ten und 16ten, der 13ten und 17ten, der 13ten und 19ten, der 14ten und 16ten, der 15ten und 17ten, der 16ten und 19ten Proportion.

Aus diesen sechs Gleichungen zusammen folgt wieder:

$a^2b^2e^2f^2i^2k^2o^2u^2y^2 = p^2v^2z^2\,(a+b)^2\,(e+f)^2\,(i+k)^2\,abefik$, d. i.
$abefiko^2u^2y^2 = p^2v^2z^2\,(a+b)^2\,(e+f)^2\,(i+k)^2$, wie oben in No. V.

Zugleich wäre also mit No. V. auch die Richtigkeit der Gleichungen No. IV. indirect bewiesen.

VIII.
$$\begin{cases} aoy = z\,(ap+bp+bo) = z\,(ap+b\,(o+p)) = z\,(bo+p\,(a+b)) \text{ (1)} \\ bou = v\,(ap+bp+ao) = v\,(bp+a\,(o+p)) = v\,(ao+p\,(a+b)) \\ eou = p\,(ev+fv+fu) = p\,(ev+f\,(u+v)) = p\,(fu+v\,(e+f)) \\ fuy = z\,(ev+fu+eu) = z\,(fv+e\,(u+v)) = z\,(eu+v\,(e+f)) \\ iuy = v\,(iz+kz+ky) = v\,(iz+k\,(y+z)) = v\,(ky+z\,(i+k)) \\ koy = p\,(iz+kz+iy) = p\,(kz+i\,(y+z)) = p\,(iy+z\,(i+k)) \end{cases}$$

Auch dies läfst sich, obwohl nur schwerfällig, mit Worten etwa so ausdrücken: *das Produkt zweier Eckstücke der inneren Linien mit einem nicht von ihnen berührten Stücke der Seite des Dreiecks ist gleich dem die Seite nicht berührenden, zu einem der genannten Eckstücke gehörenden Seitenstück, multiplicirt mit der Summe der Produkte des genannten Stückes der äufseren Seite durch das gegen sie gekehrte Seitenstück, und des Supplementstückes des ersteren mit der ganzen gegengekehrten inneren Linie.*

Der Beweis dieser Gleichungen liegt in der 8ten und 9ten, so wie in der 14ten und 15ten, desgleichen in der 16ten und 17ten unserer gegebenen zwanzig Proportionen, so wie in der Substitution gleichgeltender Stücke.

Aus diesen sechs Gleichungen folgt:

IX. $abefiko^4u^4y^4 =$
$$p^2v^2z^2\,(p(o+p)(a+b)^2+o^2ab)\,(v(u+v)(e+f)^2+u^2ef)\,(z(y+z)(i+k)^2+y^2ik)$$

Und da nach V. $p^2v^2z^2 = \frac{abefiko^2u^2y^2}{(a+b)^2\,(e+f)^2\,(i+k)^2}$, so folgt (2)

$$o^2u^2y^2 = \frac{(p(o+p)\,(a+b)^2+o^2ab)}{(a+b)^2}\,\frac{(v(u+v)(e+f)^2+u^2ef)}{(e+f)^2}\,\frac{(z(y+z)\,(i+k)^2+y^2ik)}{(i+k)^2},$$

$$ouy = \frac{\sqrt{p(o+p)(a+b)^2+o^2ab}}{a+b}\cdot\frac{\sqrt{v(u+v)(e+f)^2+u^2ef}}{e+f}\cdot\frac{\sqrt{z(y+z)(i+k)^2+y^2ik}}{i+k} =$$
$$\sqrt{p(o+p)+\frac{o^2ab}{(a+b)^2}}\cdot\sqrt{v(u+v)+\frac{u^2ef}{(e+f)^2}}\cdot\sqrt{z(y+z)+\frac{y^2ik}{(i+k)^2}}$$

---

(1) Die Wiederholung dieser Ausdrücke in der verschiedenen Form mag unter andern zur Vergleichung der verschiedenen Ausdrücke desselben Satzes in Worten Veranlassung geben, wer dieser weiter folgen will.

(2) Wenn man nemlich die Glieder im zweiten Theil der Gleichung so combinirt, wie in der letzten Columne geschehen ist, $aoy = z\,(bo+p\,(a+b))$, $bou = v\,(ao+p\,(a+b))$, und $bo+p\,(a+b)$ mit $ao+p\,(a+b)$ multiplicirt, so ist das Produkt $(a+b)\,op\,(a+b)+p^2\,(a+b)^2+o^2ab$, d. i. $(op+p^2)\,(a+b)^2+o^2ab$, oder $p\,(o+p)\,(a+b)^2+o^2ab$ u. s. f.

Oder da nach V. $ouy = \frac{(a+b)(e+f)(i+k)pvz}{\sqrt{abcfik}}$, so ist

$$\frac{(a+b)^2(e+f)^2(i+k)^2}{\sqrt{abcfik}} =$$

$$\frac{\sqrt{p(o+p)(a+b)^2+o^2ab}}{p} \cdot \frac{\sqrt{v(u+v)(e+f)^2+u^2ef}}{v} \cdot \frac{\sqrt{z(y+z)(i+k)^2+y^2ik}}{z} =$$

$$\sqrt{\left(\tfrac{o+p}{p}\right)(a+b)^2+\left(\tfrac{o}{p}\right)^2ab} \cdot \sqrt{\left(\tfrac{u+v}{v}\right)(e+f)^2+\left(\tfrac{u}{v}\right)^2ef} \cdot \sqrt{\left(\tfrac{y+z}{z}\right)(i+k)^2+\left(\tfrac{y}{z}\right)^2ik}$$

X. Eine Nebengestaltung der Folgesätze No. VIII. wie sie z. B. die Vergleichung unserer 10ten Proportion mit der 6ten und 7ten giebt, ist:

$$\begin{aligned}
ay\,(o+p) &= bz\,(o+p) + ap\,(y+z)\\
fy\,(u+v) &= ez\,(u+v) + fv\,(y+z)\\
bu\,(o+p) &= av\,(o+p) + bp\,(u+v)\\
iu\,(y+z) &= kv\,(y+z) + iz\,(u+v)\\
eo\,(u+v) &= fp\,(u+v) + ev\,(o+p)\\
ko\,(y+z) &= ip\,(y+z) + kz\,(o+p)
\end{aligned}$$

Aus der Summirung dieser sechs Gleichungen entsteht:

XI. $(ay+bu)(o+p)+(eo+fy)(u+v)+(iu+ko)(y+z) =$
$(v\,(a+e)+z\,(b+k))\,(o+p)+(z(e+i)+p\,(b+f))\,(u+v)+$
$(p\,(a+i)+v\,(f+k))\,(y+z)$

Also $(a(y-v)-ev+b(u-z)-kz)(o+p)+(e(o-z)-iz+f(y-p)-bp)(u+v)+$
$(i(u-p)-ap+k(o-v)-fv)(y+z) =$ Null

XII. Eine andere Nebengestaltung derselben Sätze No. VIII., wie sie z. B. die Vergleichung der 3ten und 9ten, 2ten und 8ten Proportion giebt, ist:

$$\begin{aligned}
oy\,(i+k) &= pz\,(i+k) + iy\,(o+p)\\
oy\,(a+b) &= pz\,(a+b) + bo\,(y+z)\\
ou\,(e+f) &= pv\,(e+f) + fu\,(o+p)\\
ou\,(a+b) &= pv\,(a+b) + ao\,(u+v)\\
uy\,(e+f) &= vz\,(e+f) + eu\,(y+z)\\
uy\,(i+k) &= vz\,(i+k) + ky\,(u+v)
\end{aligned}$$

und diese zusammen summirt geben:

$$\begin{aligned}
&o\,(u+y)(a+b)+u\,(o+y)(e+f)+y\,(o+u)(i+k) =\\
&p\,(v+z)(a+b)+v\,(p+z)(e+f)+z\,(p+v)(i+k)+\\
&(fu+iy)(o+p)+(ao+ky)(u+v)+(bo+eu)(y+z)
\end{aligned}$$

oder:

$$(o\,(u+\gamma)-p\,(\nu+z))(a+b)+(u(o+\gamma)-\nu\,(p+z))\,(e+f)\;+$$
$$(\gamma\,(o+u)-z\,(p+\nu))\,(i+k)=(fu+i\gamma)(o+p)+(ao+k\gamma)\,(u+\nu)+(bo+eu)(\gamma+z)$$

XIII. Wenn man ferner die sechs Gleichungen von No. VIII. summirt, so erhält man, je nachdem die Glieder im zweiten Theil der Gleichung verschieden combinirt werden, als:

$$\begin{aligned}
ao\gamma &= (a+b)\,pz+boz=(o+p)\,bz+apz\\
ko\gamma &= (i+k)\,pz+i\gamma p=(\gamma+z)\,ip+kpz\\
iu\gamma &= (i+k)\,\nu z+k\gamma\nu=(\gamma+z)\,k\nu+i\nu z\\
fu\gamma &= (e+f)\,\nu z+euz=(u+\nu)\,ez+f\nu z\\
eou &= (e+f)\,p\nu+fup=(u+\nu)\,fp+ep\nu\\
bou &= (a+b)\,p\nu+ao\nu=(o+p)\,a\nu+bp\nu
\end{aligned}$$

zum Resultat:

$$(a+k)\,o\gamma+(b+e)\,ou+(i+f)\,u\gamma=$$
$$(a+b+i+k)pz+(a+b+e+f)\,p\nu+(e+f+i+k)\,\nu z+o\,(a\nu+bz)+u\,(ez+fp)+\gamma\,(ip+k\nu)$$
$$=p\,((a+b)\,(\nu+z)+i\gamma+fu)+\nu\,((e+f)\,(p+z)+ao+k\gamma)+z\,((i+k)\,(p+\nu)+bo+eu)$$
$$=p\,(a+b)(\nu+z)+o\,(a\nu+bz)+\nu\,(e+f)\,(p+z)+u\,(ez+fp)+z\,(i+k)\,(p+\nu)+\gamma\,(ip+k\nu)$$

Oder bei der zweiten Art zu combiniren

$$(a+k)\,o\gamma+(b+e)\,ou+(i+f)\,u\gamma=$$
$$(o+p)\,(a\nu+bz)+p\,(az+b\nu)+(u+\nu)\,(fp+ez)+\nu\,(ep+fz)+(\gamma+z)\,(ip+k\nu)+z\,(kp+i\nu)=$$
$$(o+p)\,(a\nu+bz)+(u+\nu)\,(fp+ez)+(\gamma+z)\,(ip+k\nu)+(a+k)\,pz+(b+e)\,p\nu+(i+f)\,\nu z.$$

Also:

$$(a+k)\,(o\gamma-pz)+(b+e)\,(ou-p\nu)+(i+f)\,(u\gamma-\nu z)=$$
$$(o+p)\,(a\nu+bz)+(u+\nu)\,(fp+ez)+(\gamma+z)\,(ip+k\nu)$$

In andrer Form das vorige ausgedrückt:

$$o\,(eu+k\gamma)+u\,(bo+i\gamma)+\gamma\,(ao+fu)=p\,(fu+\nu(e+f))+\nu\,(ao+p\,(a+b))\;+$$
$$z\,(bo+p\,(a+b)+p\,(i\gamma+z\,(i+k))+\nu\,(k\gamma+z\,(i+k))+z\,(eu+\nu\,(e+f))=$$
$$p\,(e\nu+f(u+\nu)+kz+i(\gamma+z))+\nu(bp+a(o+p)+iz+k(\gamma+z))+z(ap+b(o+p)+f\nu+e(u+\nu))$$

Durch Addition der Gröfsen aoz, $bo\nu$, eup, fuz, $i\gamma\nu$, $kp\gamma$ zu den sechs Gleichungen in No. VIII. in der Folge, wie dort, oder aus unserer 9ten, 8ten, 16ten und 17ten Proportion und deren Aequivalenten unmittelbar, auch z.B. aus der Vergleichung der 16ten mit der 18ten, der 17ten mit der 19ten, erhält man:

XIV.
$$\begin{cases} ao\,(y+z) = z\,(a+b)\,(o+p); & \text{daher } \frac{o}{o+p} : \frac{z}{y+z} = a+b : a, & \text{oder } \frac{o}{o+p} = \frac{z}{y+z} \cdot \frac{a+b}{a} \\ bo\,(u+v) = v\,(a+b)\,(o+p); & \frac{o}{o+p} : \frac{v}{u+v} = a+b : b, & \frac{o}{o+p} = \frac{v}{u+v} \cdot \frac{a+b}{b} \\ eu\,(o+p) = p\,(e+f)\,(u+v); & \frac{u}{u+v} : \frac{p}{o+p} = e+f : e, & \frac{u}{u+v} = \frac{p}{o+p} \cdot \frac{e+f}{e} \\ fu\,(y+z) = z\,(e+f)\,(u+v); & \frac{u}{u+v} : \frac{z}{y+z} = e+f : f, & \frac{u}{u+v} = \frac{z}{y+z} \cdot \frac{e+f}{f} \\ iy\,(u+v) = v\,(i+k)\,(y+z); & \frac{y}{y+z} : \frac{v}{u+v} = i+k : i, & \frac{y}{y+z} = \frac{v}{u+v} \cdot \frac{i+k}{i} \\ ky\,(o+p) = p\,(i+k)\,(y+z); & \frac{y}{y+z} : \frac{p}{o+p} = i+k : k, & \frac{y}{y+z} = \frac{p}{o+p} \cdot \frac{i+k}{k} \end{cases}$$

Hieraus ergiebt sich gleichfalls die Richtigkeit der Gleichungen in No. IV; denn $bo\,(u+v)\,eu\,(o+p) = v\,(a+b)\,(o+p)\,p\,(e+f)\,(u+v)$ giebt:

$$beou = pv\,(a+b)\,(e+f) \text{ wie dort u. s. f.}$$

In Worten: *Das Produkt eines Stückes der Seite, des Eckstückes der gegen dasselbe gekehrten inneren, und der ganzen von ihm nicht berührten inneren Linie ist gleich dem Produkt des Seitenstücks der letzteren, der ganzen genannten Seite, und der ganzen gegen dieselbe gekehrten inneren Linie; und es verhält sich der Quotient des Eckstücks der einen inneren Linie durch sein Ganzes zum Quotienten des Seitenstücks der anderen durch dessen Ganzes, wie die Seite des Dreiecks, gegen welche die erstere Linie sich kehrt, zu dem Stück derselben, welches die zweite nicht berührt.* Und: *Der Quotient des Eckstücks einer inneren Linie durch seine ganze verhält sich zum Quotienten des Seitenstücks einer anderen durch dessen ganze, wie die Seite des Dreiecks, gegen welche die erstere innere Linie sich kehrt, zu dem Stück derselben, welches von der zweiten nicht berührt wird.*

Diese sechs Gleichungen zusammen addirt geben:

XV. $(eu+ky)\,(o+p) + (bo+iy)\,(u+v) + (ao+fu)\,(y+z) =$
$(v+z)\,(a+b)\,(o+p) + (p+z)\,(e+f)\,(u+v) + (p+v)\,(i+k)\,(y+z)$

oder:

$o\,(eu+ky) + u\,(bo+iy) + y\,(ao+fu) = \ldots$ wie vorhin (XIII)

oder auch:

$$\begin{aligned} &(eu+ky - (v+z)\,(a+b))\,(o+p) + \\ &(bo+iy - (p+z)\,(e+f))\,(u+v) + \\ &(ao+fu - (p+v)\,(i+k))\,(y+z) = \text{Null.} \end{aligned}$$

Jenes erste läfst sich so aussprechen:

die Summe der inneren Linien, eine jede multiplicirt mit der Summe der Produkte der sie nicht berührenden Stücke der Seiten in die Eckstücke der gegen sie gekehrten beiden anderen inneren Linien ist gleich wiederum der Summe der inneren Linien, jede multiplicirt mit dem Produkt der Seite des Dreiecks, gegen welche sie sich richtet, und der Summe der Seitenstücke der beiden anderen inneren Linien.

Offenbar geht auch aus den obigen Gleichungen (XIV), aber auch aus unsern früheren Proportionen, nemlich aus der 10ten, 18te und 19ten der a. a. O. aufgestellten unmittelbar hervor:

$$\text{XVI.}\begin{cases} av(y+z)=bz(u+v); & \text{daher } a:b=\frac{z}{y+z}:\frac{v}{u+v}, \text{ u. z. B. } \frac{z}{y+z}=\frac{v}{u+v}\cdot\frac{a}{b}, \text{ oder } \frac{v}{u+v}=\frac{z}{y+z}\cdot\frac{b}{a} \\ ez(o+p)=fp(y+z); & e:f=\frac{p}{o+p}:\frac{z}{y+z}, & \frac{p}{o+p}=\frac{z}{y+z}\cdot\frac{e}{f} \\ ip(u+v)=kv(o+p); & i:k=\frac{v}{u+v}:\frac{p}{o+p}, & \frac{v}{u+v}=\frac{p}{o+p}\cdot\frac{i}{k} \end{cases}$$

d. i. *das Produkt eines Stückes der äufseren Seite, des Seitenstückes der dasselbe in der Ecke berührenden und der ganzen es nicht berührenden inneren Linie ist gleich dem Produkt seines Supplementstückes mit dem Seitenstück der letzteren und der ganzen ersteren inneren Linie;* und *es verhalten sich die Stücke einer Seite des Dreiecks, wie die Quotienten der Seitenstücke der sie nicht berührenden inneren Linien durch ihre Ganzen.*

Aber bekanntlich (s. unsere 1te Proportion) ist:

$$aei = bfk, \text{ oder } a:b=fk:ei=\frac{f}{e}:\frac{i}{k} \text{ u. s. f.}$$

Es ist daher auch:

$$\frac{z}{y+z}:\frac{v}{u+v}=a:b=fk:ei=\frac{f}{e}:\frac{i}{k}=\frac{k}{i}:\frac{e}{f}$$
$$\frac{p}{o+p}:\frac{z}{y+z}=e:f=bk:ai=\frac{b}{a}:\frac{i}{k}=\frac{k}{i}:\frac{a}{b}$$
$$\frac{v}{u+v}:\frac{p}{o+p}=i:k=bf:ae=\frac{b}{a}:\frac{e}{f}=\frac{f}{e}:\frac{a}{b}$$

Und es läfst sich mithin in jeder Proportion, wo das Verhältnifs $a:b$, $e:f$, $i:k$ für sich oder als Faktor vorkommt, das gleiche $fk:ei$, $bk:ai$ u. s. f. substituiren und umgekehrt; oder es kann in jeder Gleichung

für $\frac{a}{b}$ gesetzt werden $\frac{f}{e} \cdot \frac{k}{i}$ u. s. f. (1) Eben so läfst sich in jeder Proportion oder Gleichung, wo $a : a+b$ oder $b : a+b$ u. s. f. in gleicher Art vorkommt, jederzeit substituiren das gleichgeltende $fk : fk+ei$, oder $ei : fk+ei$ u. s. f. welche letztere Gröfse, wie man sieht, unser Kreuzprodukt in der Ecke war.

Zunächst hätte man auf diesem Wege oder aus der Vergleichung unserer 1ten und 10ten, oder 18ten und 19ten Proportion u. s. w. hervorgehend die Gleichungen:

$$\text{XVII.} \quad \begin{cases} aev\,(o+p) = bfp\,(u+v) \\ aip\,(y+z) = bkz\,(o+p) \\ eiz\,(u+v) = fkv\,(y+z) \end{cases}$$

oder auch, wie zugleich aus der Vergleichung unserer 1ten und 8ten Proportion hervorgeht:

$$\text{XVIII.} \quad eiou = eipv + fkv\,(o+p)$$

Oder:

$$\text{XIX.} \quad eiu\,(a+b) = bk\,(fu+fv+ev,$$

wie die Vergleichung der 12ten und 16ten Proportion giebt, und welches sich auflöst in $fu\,(a+b) = a\,(fu+fv+ev)$, d. i. $bfu = av\,(e+f)$

so wie

$$fky\,(a+b) = ae\,(iy+iz+kz),$$

welches die Vergleichung der 11ten und 17ten Proportion giebt, sich durch

$iy\,(a+b) = b\,(iy+iz+kz)$ auflöst in $aiy = bz\,(i+k)$

Oder:

$$\text{XX.} \quad bfk\,(y+z) = ez\,(ai+bi+bk),$$

wie die Vergleichung der 12ten und 18ten Proportion giebt, und welches sich verwandelt in $aei\,(y+z) = ez\,(\ldots..)$, d. i. in $ai\,(y+z) = z\,(ai+bi+bk)$, also in $aiy = zb\,(i+k)$.

Die 11te und 19teProportion verglichen, geben eben so:

$$aei\,(u+v) = kv\,(ae+af+bf) = aekv + fkv\,(a+b);$$

also:

$$bi\,(u+v) = bkv + iv\,(a+b),$$

wie die Vergleichung der 12ten und 19ten Proportion auch unmittelbar giebt, und welches zurückkommt auf $biu = v\,(bk+ai)$.

---

(1) So verwandelt sich auch z. B. eine Gleichung wie oben in No. VII. $fbu = av\,(e+f)$ in die andere $eiu = kv\,(e+f)$; nemlich, wenn für f, ei, und für a, bk gesetzt wird, so hat man $eibu = bkv\,(e+f)$, d. i. $eiu = kv\,(e+f)$.

Da ferner aus XIV. für alle die Gröfsen $\frac{o}{o+p}$, $\frac{u}{u+v}$ u. s. f. je zwei verschiedene Gleichungen sich ergeben, so folgt z. B. aus

$$\frac{o}{o+p} = \frac{z}{y+z} \cdot \frac{a+b}{a}, \text{ und } \frac{u}{u+v} = \frac{z}{y+z} \cdot \frac{e+f}{f}$$

XXI.
$$\begin{cases} \frac{o}{o+p} : \frac{u}{u+v} = \frac{a+b}{a} : \frac{e+f}{f} = f(a+b) : a(e+f) \\ \frac{o}{o+p} : \frac{y}{y+z} = \frac{a+b}{b} : \frac{i+k}{i} \\ \frac{u}{u+v} : \frac{y}{y+z} = \frac{e+f}{e} : \frac{i+k}{k} \end{cases}$$

oder: *die Quotienten der Eckstücke durch ihre Ganzen verhalten sich, wie die Quotienten der gegen sie gekehrten Seiten durch die die andere Seite nicht berührenden Stücke derselben, oder wie die Produkte der gegen sie gekehrten Seite durch das dieselbe nicht berührende Stück der anderen.*

Es ergeben sich hieraus weiter die Gleichungen

XXII.
$$\begin{cases} ao(e+f)(u+v) = fu(a+b)(o+p), & \text{oder } ao(eu+ev+fv) = fu(ap+bp+bo) \\ bo(i+k)(y+z) = iy(a+b)(o+p), & bo(ky+kz+iz) = iy(bp+ap+ao) \\ eu(i+k)(y+z) = ky(e+f)(u+v), & eu(iy+iz+kz) = ky(ev+fv+fu). \end{cases}$$

Das Produkt 1) *einer Seite,* 2) *der gegen sie sich richtenden inneren Linie,* 3) *des Eckstückes einer* (*der beiden*) *anderen, und* 4) *des von der ersten inneren Linie berührten Stückes der der zweiten zugekehrten Seite des Dreiecks ist gleich dem Produkt, in welchem die Ganzen und die Stücke sich umkehren,* d. i. 1) *aus der letzteren ganzen Seite,* 2) *der gegen dieselbe gerichteten inneren Linie,* 3) *dem Eckstück der vorigen inneren Linie, und* 4) *dem die genannte Seite nicht berührenden Stücke von derjenigen Seite des Dreiecks, gegen welche die letztere innere Linie gekehrt ist,* u. s. w.

In der gleichartigen und umgekehrten Construction beider Hälften der Gleichung geben diese hier in der ersten Form ein Gegenstück ab zu denen in No. XVI.; in der zweiten Form enthalten sie die in No. VIII. vorkommenden combinirten Gröfsen, so wie sie auch aus den Gleichungen No. VIII. unmittelbar abgeleitet werden konnten.

Schon aus den Gleichungen No. II. und No. VII., so wie zum Theil aus unsern daselbst angeführten früheren Proportionen unmittelbar ging hervor:

XXIII.
$$\begin{cases}
o:p=\frac{kf+ei}{ke}:1=\frac{f}{e}+\frac{i}{k}:1\\
o:p=\frac{f}{e}:\frac{a}{a+b}=\frac{i}{k}:\frac{b}{a+b}\\
u:v=\frac{bk+ai}{bi}:1=\frac{k}{i}+\frac{a}{b}:1\\
u:v=\frac{k}{i}:\frac{e}{e+f}=\frac{a}{b}:\frac{f}{e+f}\\
y:z=\frac{ae+bf}{af}:1=\frac{e}{f}+\frac{b}{a}:1\\
y:z=\frac{e}{f}:\frac{k}{i+k}=\frac{b}{a}:\frac{i}{i+k}\\
a:a+b=\frac{f}{e}:\frac{o}{p}=\frac{z}{y+z}:\frac{o}{o+p}, \quad \text{s. No. XIV.}\\
b:a+b=\frac{i}{k}:\frac{o}{p}=\frac{v}{u+v}:\frac{o}{o+p}\\
e:e+f=\frac{k}{i}:\frac{u}{v}=....\\
f:e+f=\frac{a}{b}:\frac{u}{v}=....\\
i:i+k=\frac{b}{a}:\frac{y}{z}=....\\
k:i+k=\frac{c}{f}:\frac{y}{z}=....
\end{cases}$$

Statt $\frac{e}{f}$ kann wieder gesetzt werden $\frac{b}{a}\cdot\frac{k}{i}$ oder statt $\frac{f}{e}$, $\frac{a}{b}\cdot\frac{i}{k}$, u.s.f. wie bekannt.

Unsere zwanzig Proportionen überhaupt geben unmittelbar je zehn Gleichungen für $\frac{a}{b}$, $\frac{a}{a+b}$, $\frac{b}{a+b}$, $\frac{o}{p}$, $\frac{o}{o+p}$, $\frac{p}{o+p}$, an welche hier zurück zu erinnern gut seyn wird, wenn es gleich unnöthig scheint, sie, etwa der Vollständigkeit halber, hier wieder aufzuführen. Ganz die analogen je zehn Gleichungen gelten, mit gehöriger Vertauschung der bezeichneten Stücke, für die Verhältnisse $\frac{e}{f}$, $\frac{e}{e+f}$, $\frac{f}{e+f}$, $\frac{u}{v}$, $\frac{u}{u+v}$, $\frac{v}{u+v}$, und für $\frac{i}{k}$, $\frac{i}{i+k}$, $\frac{k}{i+k}$, $\frac{y}{z}$, $\frac{y}{y+z}$, $\frac{z}{y+z}$, so dafs allein hieraus hundertundachtzig solche Werthe sich finden; je zehn unter sich geben wieder fünfundvierzig Combinationen, die der einen aber mit denen der anderen zu zwei und mehreren verbunden, führen zu einer, im Detail nicht mehr auf erschöpfende Weise füglich darstellbaren Mannichfaltigkeit.

Um nur auf einige Formen der auf dem mittelbarerem Wege zu erhaltenden Gleichungen aufmerksam zu machen, mögen noch folgende als Beispiele dienen:

XXIV. $\frac{o}{o+p} : \frac{z}{y+z} = \frac{uf+\nu(e+f)}{\nu(e+f)} : \frac{a}{b}$;

folgt aus unsrer 2ten Proportion, wonach $\frac{uf+\nu(e+f)}{\nu(e+f)} = \frac{a+b}{b}$, verglichen mit No. XIV. oder XXIII.

XXV. $\frac{o}{o+p} : \frac{z}{y+z} = \frac{b}{a} : \frac{\nu(y+z)}{z(u+\nu)+\nu(y+z)}$;

folgt eben so aus unsrer 10ten Proportion, wonach $\frac{\nu(y+z)}{z(u+\nu)+\nu(y+z)} = \frac{b}{a+b}$, verglichen mit No. XIV.

XXVI. $\frac{z(u+\nu)+\nu(y+z)}{y+z} = \frac{uf+\nu(e+f)}{e+f}$,

wie sich schon aus der Vergleichung der 16ten und 20sten Proportion ergiebt.

XXVII. $\frac{p}{o+p} : \frac{z}{y+z} = \frac{e}{e+f} : \frac{a}{b} \cdot \frac{u}{\nu}$,

folgt aus No. XVI. verglichen mit No. VII.

XXVIII. $\frac{p}{o+p} : \frac{z}{y+z} = \frac{uy-\nu z}{\nu(y+z)} : \frac{a}{b}$

Nach unserer 20sten und 10ten Proportion ist $\frac{uy-\nu z}{\nu(y+z)} = \frac{p}{o} \cdot \frac{a+b}{b}$; also gestaltet sich diese Gleichung um in die $\frac{o}{o+p} : \frac{z}{y+z} = a+b : a$ von No. XIV.

XXIX. $\frac{p}{o+p} : \frac{z}{y+z} = \frac{eip-bk\nu}{i(fp-a\nu)} : 1$

Diese Gleichung läfst sich aus denen No. XVI. für sich ableiten.

Aus No. XVI. erhält man auch:

XXX. $(i+f)\frac{p}{o+p} = (b+e)\frac{z}{y+z} + (k-a)\frac{\nu}{u+\nu} =$

$(a+k)\frac{\nu}{u+\nu} + (e-b)\frac{z}{y+z}$ u. s. w.

XXXI. $\frac{o}{p} : \frac{i}{k} = \frac{uf+v(e+f)}{v(e+f)} : 1 = \frac{a+b}{b} : 1$, s. No. XXIII.

XXXII. $\frac{o}{p} : \frac{i}{k} = \frac{z(u+v)+v(y+z)}{v(y+z)} : 1 = \frac{a+b}{b} : 1$, s. ebendaselbst.

XXXIII. $\frac{p}{o} : \frac{e}{e+f} = \frac{u(y+z)}{z(u+v)+v(y+z)} : 1$; oder

$$eou(y+z) = p(e+f)(z(u+v)+v(y+z)).$$

Aus unserer 10ten Proportion ist klar, dafs $\frac{u(y+z)}{z(u+v)+v(y+z)} = \frac{u}{v} \cdot \frac{b}{a+b}$; daher löst sich diese Proportion auf in die Gleichung von No. IV:

$$beou = pv(a+b)(e+f).$$

XXXIV. $\frac{v}{u} \cdot \frac{z}{y} + \frac{y+z}{y} \cdot \frac{e}{e+f} = 1$; $eu(y+z) = (uy-vz)(e+f)$,

oder, wie schon die Vergleichung der 16ten und 20sten Proportion giebt,

$$\frac{eu}{e+f} = \frac{uy-vz}{y+z}.$$

XXXV. $\frac{v}{u} \cdot \frac{z}{y} + \frac{y+z}{y} \cdot \frac{p}{o} \cdot \frac{uf+v(e+f)}{u(e+f)} = 1$;

$$p(y+z)(uf+v(e+f)) = (uy-vz)\, o(e+f).$$

Wenn man beide Hälften dieser Gleichung mit $(u+v)$, $(y+z)$ und $(e+f)$ dividirt, so sieht man, da aus unserer 16ten und 20sten Proportion klar ist, dafs $\frac{uf+v(e+f)}{(u+v)(e+f)} = \frac{o}{o+p}$, und $\frac{uy-vz}{(u+v)(y+z)} = \frac{p}{o+p}$,

dafs sie in der identischen Gleichung aufgeht $p \cdot \frac{o}{o+p} = o \cdot \frac{p}{o+p}$

XXXVI. $\frac{e+f}{e} = 1 + \frac{a}{(a+b)} \cdot \frac{o}{p}$; $\frac{a+b}{b} = 1 + \frac{f}{(e+f)} \cdot \frac{u}{v}$ u. s. f.

wie aus den Gleichungen No. IV. und VIII. zusammengestellt sich ergiebt.

XXXVII. $bouy = bovz + bpvz + bpvy + apvy + apvz = \begin{cases} v(p(a+b)(y+z) + boz) \\ v(bz(o+p) + ap(y+z) + bpy) \end{cases}$

eben so $fouy = z(v(e+f)(o+p) + fpu)$;

geht aus der Vergleichung unserer 2ten und 9ten Proportion hervor, und führt, verglichen mit No. I., auf die Gleichung No. XVI. zurück.

Unsere Formeln gründeten sich zunächst auf die Voraussetzung, dafs der gemeinschaftliche Schneidungspunkt der drei aus den Ecken des Dreiecks nach den gegenüberliegenden Seiten gezogenen Linien innerhalb des Dreiecks lag. Es ist einleuchtend, dafs sie sammt und sonders auch für den Fall gelten, wo ein solcher gemeinschaftlicher Schneidungspunkt aufserhalb des Dreiecks läge, und Linien aus den Ecken nach ihm gezogen die gegenüberliegenden Seiten in ihren Verlängerungen schnitten; versteht sich, dafs dann jederzeit gewisse Gröfsen negativ werden, welche in unseren Formeln positiv sind. Es wäre aber unnöthig, diese Fälle hier besonders in Betracht zu ziehen; die entsprechende Gestaltung unserer Formeln für sie ergiebt sich von selbst; nur, sie in den unsrigen als mit enthalten zu erkennen, möchte erforderlich seyn, um unsere Formeln in ihrer gröfsten Allgemeinheit aufzufassen.

Bericht

über die

Naturhistorischen Reisen

der Herren

EHRENBERG und HEMPRICH.

Dargestellt

von

Alexander von Humboldt.

Die Akademie der Wissenschaften hat uns aufgetragen, Herrn Link, Lichtenstein, Rudolphi, Weifs, und mir, einen Bericht über die Reisen zu erstatten, welche auf Kosten des Staats, von Herren Ehrenberg und Hemprich durch die lybische Wüste, Ägypten, Sennaar, Dongala, den Libanon, Cölesyrien, das westliche Arabien und den östlichen Abfall des Habessinischen Hochlandes in den Jahren 1820 bis 1825 unternommen worden sind, und alle Theile der Naturkunde, wie die der physikalischen Erdbeschreibung auf die denkwürdigste Weise bereichert haben.

Wenn es bei dem belebenden Einflusse, den jede Vermehrung wissenschaftlicher Sammlungen auf die Erweiterung menschlichen Wissens ausübt, schon an sich ein nicht zu verkennendes Verdienst ist, in der langen Dauer gefahrvoller Reisen, eine grofse Zahl neuer Naturkörper zu entdecken, aufzubewahren, und wohlerhalten nach Europa zurückzubringen, so wird dieses Verdienst auf das vielfachste erhöht, wenn die vom Staate ausgesandten Männer mit trefflichen Vorkenntnissen ausgerüstet, und von dem Gefühl eines höheren wissenschaftlichen Berufs durchdrungen, nicht blos als rastlose Sammler, sondern zugleich auch als beobachtende Naturforscher auftreten.

Alles was sich bezieht auf die geographische Vertheilung der Thier- und Pflanzen-Formen, auf den Einflufs, welchen Beschaffenheit des Bodens, Höhe des Standorts, und mannigfaltige klimatische Verhältnisse auf das organische Leben ausüben, kann nur durch unmittelbare Anschauung von den

Reisenden selbst ergründet werden. Die Sitten der Thiere sind nicht minder wichtig, als die Kenntnifs ihres Baues, welcher jene Sitten bestimmt. Eine grofse Zahl der feinsten, anatomischen und physiologischen Beobachtungen kann nur an Ort und Stelle gesammelt werden. Die geognostische Kenntnifs des Erdkörpers wird nicht durch Einsenden von Mineralien gefördert, die ohne ein leitendes Princip, ohne Hinsicht auf ihre Gruppirungen in Gebirgsarten, auf ihr relatives Vorwalten, auf ihren Übergang in einander und ihre Altersfolge, an isolirten Felsklippen gebrochen worden sind. Der beobachtende Geognost allein kann den Fortschritten der Geognosie nützlich werden und eine Wissenschaft, deren wesentlicher Charakter Darstellung des Zusammenhangs in den Erscheinungen, Ergründung der Verhältnisse heterogener Gebirgsmassen ist, wird aus den thätigen Bemühungen unwissenschaftlicher Sammler nie den Zuwachs erhalten, welchen dieselben Bemühungen dem beschreibenden Theile der Thier- und Pflanzenkunde gewähren.

Ehrenberg und Hemprich, auf welche die Wahl der Akademie durch mehrere ausgezeichnete Arbeiten geleitet worden war, haben allen den Anforderungen, welche man, im gegenwärtigen Zustande der Wissenschaften an gelehrte Reisende machen kann, auf das glücklichste entsprochen. Die einfache Aufzählung dessen, was beide geleistet, ist der unwiderleglichste Beweis davon. Sie haben gesammelt, als wäre Sammeln allein ihr Zweck gewesen; für Präparation, Aufbewahrung, specifische Benennung der Gegenstände gearbeitet, wie vielleicht, unter ähnlichen Umständen, nie von Reisenden geschehen ist. Die an das Königliche Museum übersandten Gegenstände füllten 114 Kisten (zu 20 bis 30 Kubikfufs) aus. Die Gesammtzahl der aufbewahrten Individuen von Pflanzen übersteigt 46,000, worunter 2900 Arten. Die Gesammtzahl der Thiere begreift 34,000 Individuen, worunter 135 verschiedene Species von Säugethieren, 430 Arten von Vögeln, 546 Fischarten und Amphibien, 600 Species von Anneliden und Crustaceen und 2000 Insecten-Arten. Die Königliche Mineralien-Sammlung ist mit 300 Stücken von Gebirgsarten bereichert worden, die nach ihrer Auf- und Anlagerung geordnet, über den innern Bau des Erdkörpers in fernen, geognostisch-unentdeckten Ländern ein hohes Licht verbreiten. Aber alle diese Sammlungen von Mineralien, von phanerogamischen und cryptogamischen Gewächsen (unter denen die erstern allein wahrscheinlich 5 bis 600 unbekannte Arten enthalten), von thierischen Bildungen aller Klassen, besonders der unteren,

gewöhnlich von reisenden Zoologen ganz vernachlässigten, sind (so wichtig auch an sich ihr materieller Besitz für die Königlichen Sammlungen und ihre freie Benutzung für die Erweiterung naturhistorischer Kenntnisse wird) doch nur als ein secundärer Gewinn zu betrachten, als ein Gewinn, welcher demjenigen nachsteht, der aus einer öffentlichen Bekanntmachung der von Herren Ehrenberg und Hemprich angestellten Beobachtungen entspringen wird.

Erforschung der Natur in der Mannigfaltigkeit ihrer Erzeugnisse und dem Zusammenwirken ihrer Kräfte ist der wesentliche Zweck einer Expedition, wie die über deren Früchte wir der Akademie Bericht abstatten. Geographische Entdeckungsreisen eines Mungo-Park, Burkard, Caillaud und Clapperton haben einen anderen Charakter und sollen andere Ansprüche erfüllen. Durch sorgfältige Scheidung der heterogenen Zwecke, welche beide Arten von Reisen zu erfüllen haben, werden die Bericht-Erstatter in den Gesichtspunkt gestellt, aus dem sie hoffen dürfen, ein gerechtes Urtheil über das Geleistete zu fällen. Eindringen in das Innere eines noch uneröffneten Continents, Erforschung neuer Flufsverbindungen oder trennender Wasserscheiden, Auffinden Volk- und Gewerbe-reicher Städte, als unerwarteter Zeugen der geheimen Fortschritte menschlicher Bildung, verheifsen mit Recht dem Entdecker einen Ruhm, welcher kaum einem anderen nachsteht, der dem Muthe gebührt. Geographische Expeditionen, freilich nicht solche, welche langsam und fast unbemerkt durch astronomische Ortsbestimmungen die Länderkunde erweitern und das schon bekannte berichtigen, sondern die, welche alte, die Erwartung spannende Probleme plötzlich lösen, erregen fast allein ein grofses, sich schnell verbreitendes Interesse; ja die Volkssprache schränkt das Wort „Entdeckungen" auf die Resultate rein geographischer Unternehmungen ein.

Diese einseitige Ansicht des Ergründeten geziemt denen nicht, welchen es obliegt, in der lebendigen Anerkennung des gegenseitigen Einwirkens menschlicher Kenntnisse, Natur- und Länderkunde in allen ihren Theilen unter einen Gesichtspunkt zu fassen. Tieferes Eindringen in das innere Leben der Pflanzen und Thiere, Auffinden organischer Formen, welche entfernte, sonst isolirt scheinende Gruppen als Mittelglieder verbinden, erweiterte Einsicht in den Zusammenhang meteorologischer Erscheinungen oder in das Spiel der ewig regsamen, magnetisch-electrischen Naturkräfte ehren ge-

wifs nicht minder den menschlichen Geist in seinen mühevollen Bestrebungen, als geographische Entdeckungen, als die Bestimmung räumlicher Verhältnisse, mit denen sich die beschreibende Erdkunde beschäftigt. So wenig man in gerechter Würdigung des Erforschten den kühn und schnell voreilenden Mungo-Park tadeln kann, wenn seine erste Reise nicht botanische oder zoologische Resultate gewährte, so wenig ist von einer eigentlichen naturhistorischen Expedition zu fordern, dafs sie durch geographische Entdeckungen glänze. Jede Klasse von Reisen hat einen eigenthümlichen Charakter und Lob gebührt den Reisenden, wenn sie das Ziel erreichen, das ihnen vorgesetzt war.

Wir haben geglaubt, diese allgemeinen Betrachtungen dem Berichte über Ehrenberg's und Hemprich's Reisen voran schicken zu müssen, um auf das hinzudeuten, was ein so wichtiges, von der Königlichen Akademie der Wissenschaften veranlafstes Unternehmen von anderen afrikanischen Reisen unterscheidet. Die Mannigfaltigkeit der Gegenstände, welche von den obengenannten Naturforschern behandelt worden sind, machte es nöthig, in besonderen Abschnitten von dem Gewinn zu reden, den Botanik, Zoologie, vergleichende Anatomie und Geognosie aus ihren Bemühungen gezogen haben. Welcher ausdauernde Fleifs und welche Kraftäufserungen nöthig waren, um solche Resultate zu liefern, ergiebt sich aus der historischen Schilderung der Reise selbst und aus Betrachtung der vielfältigen Hindernisse, mit denen die Reisenden fast ununterbrochen und leider! oft unterliegend gekämpft haben.

Historische Uebersicht der Reise.

Als im Jahre 1820 der Herr General Menu von Minutoli sich entschlossen hatte, eine Reise in den Orient, deren Hauptzweck antiquarische Untersuchungen waren, zu unternehmen, trug er bei der Akademie darauf an, dafs ihm einige junge wissenschaftliche Männer auf Kosten des Staats beigesellt würden. Das Königliche Ministerium erlaubte dem Professor der Architectur Herrn Liman sich der Unternehmung anzuschliefsen, und die Akademie der Wissenschaften bewilligte den Doctoren der Medicin Herren Ehrenberg und Hemprich, zwei Naturforschern, die sich schon durch eigene Arbeiten ausgezeichnet hatten, die Geldmittel, welche zur Erreichung

des beabsichtigten Zweckes für die ersten Jahre hinlänglich schienen. In Rom vermehrte sich durch die Liberalität Sr. K. H. des Prinzen Heinrich von Preussen die Gesellschaft der Reisenden durch den Orientalisten und Doctor der Philosophie, Herrn Scholtz. Der Plan des Generals Freiherrn von Minutoli war, Ägypten mit seinen Oasen, die Cyrenaika, Dongola, die Halbinsel des Sinai, Palästina, Syrien und einen Theil von Kleinasien zu bereisen, und über Griechenland nach Deutschland zurückzukehren. Die Naturforscher erhielten von der Akademie der Wissenschaften eine kurze schriftliche Instruction, wie auch einzelne Fragen über Gegenstände, die in jenen fernen Ländern vorzüglich zu berücksichtigen wären. In dem Anfange des Monats August traf die ganze Gesellschaft, mit Ausnahme des Professors Liman in Triest zusammen, und wurde auf zwei Schiffe vertheilt, die im September in den Hafen von Alexandrien einliefen. Erkundigungen über die Möglichkeit einer Reise nach der Cyrenaika wurden von denen, die der Gegend kundig waren, so beantwortet, dafs das Unternehmen ohne störende Gefahr möglich schien. Herr Drovetti, der als französischer Konsul viele Jahre in Ägypten gelebt, und der selbst die Oase von Siwa besucht hatte, leitete mit zuvorkommender Gefälligkeit die Ausrüstung der Caravane, welche aus sechs und funfzig Kameelen und fünf und zwanzig bewaffneten Beduinen bestand, worunter ein Araberfürst und seine Verwandten. Ein grofsherrlicher Firman und spezielle Empfehlungsbriefe des Pascha von Ägypten an Halil Bey von Derna, welche der General von Minutoli sich verschafft hatte, liefsen die Entfernung aller politischen Hindernisse erwarten. Der Professor Liman war nach Abreise der Caravane in Alexandrien angekommen, und erreichte sie erst bei Abusir. Übergrofse Eile hatten ihn die Sorge für zweckmäfsige Kleidung versäumen lassen, und ohnerachtet seine Reisebegleiter alles aufboten, um diesem Mangel abzuhelfen, so hat derselbe doch wahrscheinlich viel zu der traurigen Zerrüttung seiner Gesundheit beigetragen. Die Bösartigkeit der freien Beduinen erregte täglich ernsthaften Zwist in der Caravane. Sie gehörten zu verschiedenen Stämmen, und als man schon weit in der lybischen Wüste vorgedrungen war, erklärte der Beduinenfürst Hadji Endaui selbst, dafs er über diese verschiedenen Stämme keine Gewalt ausüben könne. Seine Ungeduld war eben so grofs, als die der Reisenden. Unter diesen ungünstigen Umständen, welche Nachtwachen auszustellen nöthig machten, gelangte die Caravane bis an einen Punkt, der nur

eine Tagereise von der Grenze des Tripolitanischen Gebiets entfernt ist. Der Beduinenfürst erklärte, dafs er ohne die ausdrückliche Erlaubnifs von Halil Bey in Derna die Grenzen nicht überschreiten könne. Boten wurden deshalb mit den Empfehlungsschreiben vorausgesandt. Da die Uneinigkeit unter den Beduinen täglich zunahm, so wurde die Caravane dergestalt getheilt, dafs der General von Minutoli mit dem Beduinenfürsten und dem Hauptdollmetscher über das Ammonium nach Kahira zurückkehrte, der andere Theil der Caravane aber, zu dem die Naturforscher und Künstler gehörten, sich entschlofs, die Rückkehr der ausgesandten Boten abzuwarten. Diese Trennung der Reisenden geschah bei Bir el Kor. Siebzehn Tage harrte man vergebens in der Wüste. Die Boten erschienen nicht und Reisende, auf die man stiefs, erzählten, dafs Halil Bey von Derna über die Ankunft einer Caravane, in der sich ein General befand, sehr bestürzt wäre. Bei längerer Zögerung würde der Zeitraum, für welchen die Kameele gemiethet waren, abgelaufen sein. Man beschlofs daher, sich nach der Oase von Siwa zu begeben, wo man vor den eigenen Beduinen Schutz erwartete. Ein ansehnliches Geschenk wurde einem Führer, der in einem Beduinenlager zurückblieb, verheifsen, wenn er eine günstige Antwort des Bey von Derna nach Siwa bringen könnte. In allen diesen Hoffnungen sah man sich abermals getäuscht. Die Caravane zog fast ununterbrochen fünf Tage und fünf Nächte lang durch die Wüste. In Siwa erklärten die Häupter, welche in der Oase die Obergewalt ausübten, die Reisenden für Spione und droheten, auf sie schiefsen zu lassen, wenn sie die Grenzen eines ihnen angewiesenen Raumes übertreten würden. Auf der Rückreise nach Alexandrien erkrankten, als Folge der eingetretenen kühlen Witterung und der ermüdenden Märsche, Professor Liman und Wilhelm Söllner, der Gehülfe der Naturforscher. Beide gelangten zwar noch bis Alexandrien, erlagen aber dort im Anfange des Monat December, als Opfer ihrer mühseligen Anstrengungen. Der Orientalist Herr Scholtz trennte sich in Kahira von den Naturforschern und nahm seinen Weg nach Palästina. Ehrenberg und Hemprich verfolgten von nun an allein den ihnen vorgeschriebenen Reiseplan. Eine im Monat März unternommene Excursion nach der Povinz Fajum wurde durch ein dreimonatliches Nervenfieber des Doctor Ehrenberg, unter einem Zelte am Fufs der grofsen Pyramide von Sakhara unterbrochen. Nur die sorgfältigste Pflege seines Freundes konnte ihn retten. Erst am Ende des Julius 1821 war es möglich, die Reise durch Fajum fort-

zusetzen. Sie wurde für die Entomologie von gröfserer Ausbeute, als irgend eine andere. Durch Erkältung im See Moeris bei einer Wasserjagd starb der Gehülfe Franz Kreysel, ein Schlesier aus Auras, der Söllners Stelle vertreten sollte, an der Ruhr.

Die Geldsummen, welche die Akademie der Wissenschaften aus ihren eigenen Mitteln gewährt hatte, waren nun erschöpft, und die Reise hätte schon ihr Ende erreicht. wenn nicht die Wünsche der Akademie durch den Königl. Staatsminister Freiherrn von Altenstein auf das Thätigste begünstigt worden wären. Die Reisenden entschlossen sich, in der gerechten Hoffnung, neue Formen von Naturkörpern in den südlichen Ländern zu entdecken, der siegreichen Armee Mehemed Ali's zu folgen. Sie zogen nun von August 1821 bis Februar 1823 durch Nubien nach Dongola. Alle Erwartungen, welche diese von Naturforschern nie betretenen Länder erregen konnten, wurden auf das glücklichste erfüllt. Ehrenberg und Hemprich gelangten durch Nubien bis in die Wüste bei Embukol und Corti, welche Sennaar, Cordofan und Dongola trennt. Verminderung der Geldmittel und der Wunsch, die schon gesammelten Naturalien in Sicherheit zu bringen, bewogen die Reisenden, sich hier zu trennen. Doctor Hemprich führte die Sammlungen nach Alexandrien, wo er, statt des gehofften Geldes, Befehl zur Rückkehr fand. Doctor Ehrenberg, der in Dongola geblieben war, verliefs dies Land, welches durch eine Revolution und die Ermordung von Ismael Pascha in grofse Verwirrung gerathen war. Seine Gesundheit hatten tropische Wechselfieber geschwächt. Auf dieser Reise ertrank der Italiäner Vincenzo im Nil und der Dollmetscher Ibrahim starb an der Pest. Ehrenberg und Hemprich waren nun gezwungen, in Ägypten ihre Kameele und Effecten zu verkaufen. Indem sie sich schon zu der befohlenen Rückreise rüsteten, kam die freudige Nachricht, dafs die Regierung ihnen neue beträchtliche Vorschüsse zur Fortsetzung ihrer Unternehmung bewilligen werde. Um die Zeit nützlich anzuwenden, welche bis zum Empfang derselben verlaufen könnte, beschlossen sie den Meerbusen von Suez, das Sinai-Gebirge und die Inseln längs der Küste von Akaba bis Moile zu besuchen. Diese Ausflucht dauerte über neun Monate, vom Mai 1823 bis März 1824. Hemprich kehrte zuerst mit den auf der Halbinsel gemachten Sammlungen nach Alexandrien zurück, fand aber nur die Hälfte der Summe welche er erwartete. Ehrenberg blieb fünf Monate lang in Tor und leider

in so grofser Verlegenheit, dafs er an den ersten Lebensbedürfnissen Mangel litt. Der früher entworfene Plan, nach welchem beide Reisende sich in Tor nach Habessinien einschiffen sollten, mufste nun aufgegeben werden, und erst bei Ehrenberg's Rückkehr nach Alexandrien klärte sich das Dunkel auf, das über der Ankunft der neuen, vom Staate bewilligten Gelder schwebte. Es lief die traurige Nachricht ein, dafs der preufsische Consul in Triest, bei welchem die Summen niedergelegt waren, fallirt und sich entleibt hätte. Nun blieb den Naturforschern nichts übrig, als neue Befehle und Vorschüsse abzuwarten. Die Pest wüthete in Ägypten, und es schien ersprieſslicher, statt abgeschieden in Unthätigkeit zu leben, in der günstigsten Jahreszeit den zur See nur zwölf Tagereisen entfernten Libanon zu besuchen. Ein Aufenthalt von drei Monaten war hinlänglich, um den Schneebedeckten Rücken dieses Gebirges zweimal zu übersteigen, einmal über Sanin durch Cölesyrien nach den Ruinen von Balbeck und das zweite mal von Balbeck über Bischerra und den libanotischen Cedernwald nach der Küste von Tripolis. Im Anfang des Monats August 1824 erreichten die Reisenden wieder Damiatte und Alexandrien, doch erlitt die Gesellschaft einen neuen Verlust. Auf der Rückkehr aus Syrien starb ein Europäischer Gehülfe am Wechselfieber. Glücklicherweise waren indefs in Ägypten die neuen Geldmittel und neue Befehle zur Fortsetzung der Reise angekommen. Mit wiederbelebtem Muthe beschlossen Ehrenberg und Hemprich sogleich die längst gewünschte Reise nach Habessinien anzutreten. Das rothe Meer versprach ihnen einen grofsen Reichthum von Corallenthieren, Anneliden und Mollusken: die fragmentarischen Bemerkungen, welche aus Forskal's Papieren gerettet worden sind, machten neue Untersuchungen über die Ichthyologie jener warmen Gewässer wünschenswerth. Am 27. November 1824 konnte die Reise nach Habessinien angetreten werden. Sie ging zuerst zur See von Suez nach Djedda, wo eine Excursion gegen Mecca gemacht wurde, um die berühmte Balsampflanze zu bestimmen. Weiter gegen Süden in Gumfude, im wüsten Arabien, zeigte sich ein türkischer Gouverneur dankbar für die ärztliche Hülfe, die er von den Reisenden empfing. Er gab ihnen ein militärisches Geleite, mit dem sie das nahe gelegene Gebirge Derban sicher untersuchen konnten. Bei Fortsetzung der Seefahrt waren wichtige Gegenstände der Beobachtung: die vulkanische Felseninsel Ketumbul und eine andere, in der Gazellen umherstreifen, und die von den Einwohnern Farsan genannt wird. Letztere fehlt in der

Karte, die Lord Valenzia's Reise begleitet. Von Gisan aus, einem Grenzorte zwischen dem glücklichen und wüsten Arabien, zogen die Naturforscher nach Loheia, in dessen Nähe der unglückliche Forskal sich rühmt, den gröfsten Schatz arabischer Pflanzen gesammelt zu haben. Südlicher wurden Kameran, Hanakel und Dalac besucht, und erst am 24. April 1825 wurde der Hafen Massaua erreicht. Hier erhebt sich gegen Süd-Westen das Habessinische Hochland, welches das eigentliche Ziel der Reise sein sollte. Hemprich machte eine Excursion nach dem Gedamgebirge. Ehrenberg gelangte im Tarantagebirge bis an die heifsen Quellen von Eilet. An dem Abhange des Hochlandes von Habessinien wurden Naturprodukte gesammelt, die schon ihrem Standorte nach, zu den seltensten gehören, welche ein Europäisches Museum besitzen kann. Leider wurden so vielversprechende Aussichten bald durch neue Unglücksfälle getrübt. Eine epidemische Krankheit herrschte in Massaua. Sie kostete dem Gehülfen der Naturforscher, (Niemeyer, aus Braunschweig gebürtig) das Leben; alle übrigen Reisenden, den Italiäner Finzi ausgenommen, der als Maler besoldet war, erkrankten und schwebten lange in grofser Gefahr. Doctor Hemprich von der beschwerlichen Bergreise ermüdet, unterlag am 30. Junius, nachdem er fünf Jahre lang Beweise eines ausgezeichneten Talents, einer rastlosen Thätigkeit und des persönlichen Muthes gegeben hatte, ohne den kein Unternehmen im Orient ausgeführt werden kann. Doctor Ehrenberg durch den Verlust seines Freundes tief niedergeschlagen, dachte nun auf seine Rückkehr und nach zehnmonatlicher Abwesenheit reiste er über Djedda, Cosir und Kahira nach Alexandrien, wo er sich am Anfang des Novembers 1825 nach Triest einschiffte.

Dies ist die allgemeine Übersicht der Länderstriche, in denen die Beobachtungen gesammelt worden sind. In der nun folgenden Aufzählung dessen, was die Reisenden für Botanik und Geographie der Pflanzen, für Zoologie und vergleichende Anatomie, für Geognosie und Mineralogie, für Länder- und Völkerkunde geleistet haben, werden die Berichterstatter nie Ehrenberg's und Hemprich's Arbeiten von einander trennen, da beide Naturforscher, durch die engsten Bande der Freundschaft verbunden, vor der Reise und während derselben den Wunsch ausgesprochen haben, dafs alles Beobachtete als ihnen gemeinsam angesehen werde.

Resultate für Botanik.

Für die Pflanzenkunde war aufser dem nicht Unbeträchtlichen, was Delile geleistet hatte, in neuern Zeiten nichts in Ägypten geschehen, aber Delile drang nicht weit nach Süden vor, und die Streifereien nach Nubien hatten wohl Ausbeute für die Kunst, aber nicht für die Naturkunde geliefert. Wir erhalten aus jenen Gegenden viele und sehr wirksame, häufig gebrauchte Arzneiwaaren, deren Ursprung wir entweder gar nicht, oder doch nur mit grofser Unsicherheit kennen, und deren Ächtheit und Güte wir also nicht hinlänglich zu beurtheilen vermögen. Die meisten Pflanzenkenner aufserhalb Europa achteten die Anfänge der Vegetation nicht, welche wir mit dem Namen der Pilze und Algen bezeichnen, so wichtig sie auch für die Geschichte der Natur sind. Herr Ehrenberg hatte sich schon vor der Reise als ein so scharfsichtiger Kenner dieser verborgenen Vegetation gezeigt, dafs sich in dieser Rücksicht viel von ihm erwarten liefs. Arabien war seit Forskal, welcher die Reise mit Niebuhr machte, von keinem Pflanzenkenner betreten worden, aber Forskal starb auf der Reise, und was von seiner Sammlung gerettet wurde, ist in einem solchen Zustande, dafs es mehr zu Mifsverständnissen Veranlassung gegeben, als solche aufgeklärt hat. Der unglückliche Tod des Herrn Hemprich verhinderte das Eindringen nach Habessinien, aber auch ein geringer Beitrag zur Kenntnifs dieses Landes ist von Wichtigkeit, da Bruce und Salt sehr wenig für die Pflanzenkunde dieses Landes geleistet haben. Ungeachtet die Pflanzen des Libanon von La Billardiere mit grofsem Fleifs untersucht wurden, so hat doch dieses Gebirge einen so üppigen Pflanzenwuchs, dafs sich dort eine grofse Nachlese erwarten liefs. Allen Erwartungen haben die Reisenden durch ihre Bemühungen in einem hohen Grade entsprochen. Die Zahl der gesammelten Pflanzenarten beträgt 2875, nehmlich in Ägypten und Dongola wurden gesammelt 1035, in Arabien und Habessinien 700, auf dem Libanon 1140; ein merkwürdiges Übergewicht für den Libanon, zu dessen Untersuchung die Reisenden nur zwei Monate, folglich nur eine Jahrszeit verwenden konnten. Eine grofse Menge dieser Arten ist in vielen Exemplaren vorhanden, so dafs sich die Zahl derselben auf 46750 beläuft. Von 699 Arten sind die Samen gesammelt, und dem Königl. Botanischen Garten geschickt worden; über 300 Arten haben dort geblühet, mitunter viele noch nicht beschriebene und aus-

gezeichnete Arten. Die Zahl der noch nicht beschriebenen Arten kann man überhaupt auf 600 rechnen. Holzproben sind 44 und Arzneiwaaren aus dem Pflanzenreiche 40 mitgebracht. Es ist sehr zu bedauern, dafs 48 Stämmchen lebender Bäume bis auf eine Weidenart (*Salix subserrata*) abgestorben ankamen. Die Pflanzenuntersuchungen nach dem Leben auf der Stelle entworfen, betreffen mehr als 1000 Arten. Blüthen und Früchte sind in Menge zergliedert und sogleich gezeichnet, Saftpflanzen vollständig abgebildet. Das grofse Talent des Herrn Ehrenberg im Zeichnen ist ihm gar sehr zu Statten gekommen, mit vielem Geschick hat er den Baumschlag fremder Bäume aufzufassen gewufst. Die meisten von Forskal beschriebenen Arten sind wieder gefunden worden. Myrrhe haben die Reisenden von *Amyris Kataf* selbst gesammelt, die verschiedenen Bäume, von welchen das arabische Gummi und die Sennesblätter kommen, genau bestimmt, auch über die Gewinnung der Aloë Aufschlüsse gegeben. Die Manna am Sinai kommt von einer vorher noch unbekannten Tamarisken-Art. Drei neue Brodtpflanzen wurden beobachtet, *Zygophyllum album*, *Panicum turgidum* und *Cucumis farinosa*. Die Farbe des rothen Meeres hat schon seit langer Zeit zu vielen Untersuchungen Veranlassung gegeben, Herr Ehrenberg sah zuerst, dafs sie von einer kleinen *Oscillatoria* herrühre, einem von jenen kleinen Gewächsen, welche zwischen dem Thierreiche und Pflanzenreiche in der Mitte stehen. Wir wissen nun durch Herrn Ehrenberg, dafs die Schimmelarten, kleine Pflanzen, welche sich auf verdorbenen Sachen erzeugen, unter verschiedenen Himmelsstrichen völlig dieselben sind, überhaupt, dafs die niedern Vegetationen unter allen Klimaten dieselben bleiben. Die Anfänge der Vegetation auf den flachen Inseln im rothen Meere sind genau beobachtet worden. Überall sind die Reisenden auf die Verbreitung der Pflanzen, sowohl der gebaueten als wilden sehr aufmerksam gewesen, und die Pflanzengeographie erwartet daher eine grofse Erweiterung.

Resultate für Zoologie.

Was im Fache der Zoologie von den Reisenden geleistet worden, steht nicht nur mit ihren übrigen Arbeiten in gleicher Höhe, sondern ist in Reichthum, Mannigfaltigkeit und sorgsamer Behandlung des Gesammelten, so wie in Gründlichkeit der darüber angestellten und niedergeschriebenen Beobach-

tungen und Erfahrungen von so grofser Bedeutung, dafs man sich schon für befriedigt erklären könnte, wenn dies auch der einzige Gewinn von ihrer Unternehmung gewesen wäre. Denn derselbe ist von einem Umfang, bei welchem es fast unbegreiflich wird, wie sie noch für die übrigen Zweige der Naturgeschichte so Vieles zu leisten im Stande waren.

Die Wahrheit dieser Behauptung wird sich aus den folgenden Angaben näher und unwiderleglich ergeben.

An Säugethieren sandten sie in Allem nicht weniger als 590 Individuen, die zu 135 unterschiedenen Arten gehörten. Die wenigsten derselben waren bisher überhaupt oder in genauen Beschreibungen bekannt. Überall lieferten die Exemplare oder die darüber angestellten Beobachtungen die wichtigsten Aufschlüsse über Angaben alter Schriftsteller, über Zweifel der Neueren, über die Bedeutung alterthümlicher bildlicher Darstellungen. Die Menge und Auswahl der Exemplare gab zugleich Rechenschaft über Veränderungen nach Geschlecht, Alter und Jahrszeit, gleichzeitige anatomische Untersuchung vollendete das Bild, das man sich von ihrem Wesen zu entwerfen habe und liefs späteren Forschungen kaum etwas zu thun übrig. Die wenigen bekannteren Formen waren belangreich für die Kenntnifs ihrer geographischen Verbreitung und für die Betrachtung etwaniger Umgestaltung einzelner Gebilde als Folge der so sehr unterschiedenen klimatischen Einflüsse, unter welchen sie angetroffen wurden.

Alles Erhebliche zu nennen verbietet die Beschränkung, die diesem Bericht gegeben werden mufs. Nur Einzelnes sei Beispielsweise genannt.

In der Ordnung der Nager lernten wir durch diese Unternehmung nicht nur den lybischen Hasen zuerst genauer kennen, sondern zwei merkwürdige Abänderungen seiner Form, vielleicht eigene Arten, wurden die eine in Nubien, die andere am Sinai entdeckt. Die sonderbare Familie der Springmäuse sowohl in der Form der dreizehigen (*Dipus*) als der fünfzehigen (*Meriones*) erlangte durch die Entdeckung vieler neuen Arten einen Reichthum, der vorher nicht geahnet werden konnte. Seltsam klingende Angaben von Bruce, Meyer, selbst von Pallas wurden durch sie zur Klarheit gebracht oder auf das Befriedigendste berichtigt. Überraschend war überhaupt die Mannigfaltigkeit und Eigenthümlichkeit der Bildung so vieler kleiner unterirdisch lebender mäuseartiger Nagethiere, die das Nilthal, Arabien und Syrien hervorbringen, und wichtig die Vergleichung aller dieser

mit den von Pallas so trefflich beschriebenen asiatischen Nagern, von welchen ein glückliches Zusammentreffen uns eben in dieser Zeit so viele durch die Herren Eversmann und Gebler aus Siberien zuführte. Interessante neue Arten von Eichhörnchen lieferten der Libanon und der östliche Abhang der habessinischen Küste. Letztere auch den bis jetzt so häufig mifsverstandenen arabischen Pavian *S. Hamadryas*, der die Höhen an beiden Küsten des rothen Meeres in seinem tropischen Theile bewohnt. Der berühmte rothe Affe *S. Patas* ward aus Sennaar mitgebracht in einem lebenden Exemplar von einer Gröfse und Kraft, die die ganze Ansicht über diese Art und ihre systematische Stellung verändert.

Unter den Raubthiergattungen wurden besonders die der Hunde, Katzen, Zibetthiere, Ichneumonen, Stinkthiere, Wiesel und Spitzmäuse theils mit neuen Arten bereichert, theils durch die Vollständigkeit vorliegender Thatsachen und die Gültigkeit der übersandten Beweisstücke aufgeklärt. Der berühmte *Cerdo* der Alten, Bruce's langöhriger Fennek kam durch unsre Reisenden zuerst nach Europa und stellte sich nebst zwei nahe verwandten Arten, dem *Canis riparius* und *pygmaeus* als die Zwergform der Füchse dar, die von dieser grofsen Sippschaft generisch nicht zu sondern sein wird. Die Fragen nach dem Unterschiede des ächten Schakals von den andern Hundearten des Orients, so wie nach der Ausartung, die unser Fuchs in heifsen und trockenen Ländern erleidet, werden sich in unseren ferneren Berichten ziemlich genügend beantworten lassen. Eben so sind die wilden Katzen jener Gegenden, die unter dem Namen *F. lybica, F. ocreata, F. manul* u. s. w. in den systematischen Handbüchern stehen, fast nur als Ausartungen der gemeinen wilden Katze anzusehn und die stetigen Reihen, die unsere Exemplare hier bilden, nehmen in dieser Beziehung ohne Zweifel die Aufmerksamkeit der neueren zoologischen Methode gar sehr in Anspruch.

Unter den übrigen Raubthieren sei hier nur noch ein kleines Wiesel genannt, unserm Hermelin im Sommerkleide nicht unähnlich, aber schon mit deutlichen Schwimmhäuten und die ohnehin schon so nahe Verwandtschaft zwischen Mustelen und Ottern noch näher knüpfend.

Auch eine Bärenart lieferte die Reise, die am Libanon gefunden wurde, deren geringe Gröfse und lichte Haarfarbe, bis zur nähern Untersuchung des Schädels, es sehr bedenklich macht, sie für blofse Ausartung des europäischen Landbären zu halten.

Am Sinai und allen mittleren Gebirgshöhen Nubiens und Arabiens lebt die mit dem capischen Klippdachs generisch verwandte Art von Hyrax (*H. syriacus*). Ihre Unterschiede von diesen waren zur Zeit nicht bekannt, man zweifelte ob dergleichen sich finden liefsen. Wir bemerkten aber auffallende Verschiedenheit in den Verhältnissen der Tarsenlänge zur Leibeslänge und dürfen nun nicht zweifeln, dafs Schreber und Shaw richtig auf sie gemuthmafst.

Vor allem aber sind die Entdeckungen glänzend in der Ordnung der Wiederkäuer, wo sie zur Erklärung der Angaben der Alten reichen Stoff bieten. Der Akademie liegt ein ausführlicher Bericht über das, was die Untersuchung der nubischen Antilopen ergeben hat, bereits vor. Noch eine neue Art wurde später in Arabien entdeckt, die wahrscheinlich bis jetzt immer mit der *Dorcas* verwechselt worden ist. Sie fand sich auch auf der bisher unbekannten Insel Farsan. Nächstdem ist die bisher nur aus einem Fragment im brittischen Museum bekannte Modoqua-Antilope (*A. Saltiana Blainville*, leicht die zierlichste von allen) in vielen Exemplaren aus allen Lebenszuständen gesammelt worden und ihre wahre Diagnose jetzt erst gegeben. — Auch den *Tragelaphus* des Plinius fanden unsre Reisenden in Nubien wieder und in Ägypten erhielten sie Ziegen, die in Gestalt der ägyptischen plattnasigen gleichen, aber an Reichthum und Feinheit des Wollhaars den Kirgisischen, namentlich denen, die von Herrn Ternaus Heerde aus St. Ouen hieher gebracht wurden, wenig nachgeben. Ein von ihnen mitgebrachter Apis-Schädel samt Gehörn aus den Pyramiden von Sakhara giebt völlige Sicherheit über die Art und Form des alten heiligen Stiers.

Eine grofse Menge von Fledermäusen wurden in den Pyramiden und Krypten des Nilthals gefunden, alle nemlich, die in dem grofsen französischen Werk Herr Geoffroi aufzählt, und mehrere neue, unter andern eine mit auffallend grofsen Abdominal-Zitzen, die man bis jetzt überhaupt an Fledermäusen nicht fand.

Die Sirene des rothen Meers ist den angestellten Erkundigungen zufolge eine Art der Gattung *Halicore*, von den Arabern *Naga* und *Lothum* genannt, und ein von den Reisenden selbst auf einer wüsten Insel aufgefundener und mitgebrachter Schädel giebt darüber völlige Gewifsheit. Nur ist dieser wegen etwaniger Identität mit der bekannten indischen Art noch näher zu vergleichen. Ferner enthalten die übersandten und jetzt noch in Doctor

Ehrenberg's Händen befindlichen Manuscripte des Doctor Hemprich ungemein reiche Materialien für Zoologie und vergleichende Anatomie in den höhern Thierklassen. Es ist nicht mit Stillschweigen zu übergehn, dafs sich darin auch höchst interressante Beiträge zur Naturgeschichte der africanischen Hausthiere finden.

Eine Nilpferdhaut samt Skelet und eine Giraffenhaut erhielt Doctor Hemprich zum Geschenk von Abdim Bey, dem Gouverneur von Dongola.

Von Vögeln ist die Zahl aller gesammelten und theils in abgebalgten Häuten, theils in Weingeist, theils skeletirt übersandten Individuen 4671, und diese sind begriffen unter 429 Arten.

Schon die ersten Sendungen enthielten alles, was die vortrefflichen nur leider nicht zahlreichen ornithologischen Blätter der *Description de l'Egypte* darstellen, und was die folgenden brachten, steigerte in immer gleichem Maafs die Bewunderung des unerschöpflichen Reichthums jener Gegenden, wie des unermüdlichen Fleifses unserer Sammler. Indessen das Nilthal noch viele europäische Vögel lieferte, deren jeder aber für die eben jetzt so rasch vorschreitende Ausbildung der heimischen Ornithologie von grofsem Werth war, wurden die Besuche in Dongola, Arabien, Syrien, endlich in Habessinien Ursach eines immer gröfseren Reichthums der Sammlung an tropischen Vögelformen. Die Steppen lieferten Trappen, Ganga's, Lerchen, Steinschmätzer von nie gesehenen Arten, ja durchaus neue Bildungsstufen innerhalb dieser Gattungen; die feuchten Ufer eine Schaar von Sängern, Drosseln, Bienenfressern, Honigsaugern, Eisvögeln; der Meeresstrand Regenpfeifer, Wasserläufer, Löffelreiher, Möwen und Seeschwalben; fast in allen diesen Gattungen mehr Neues und Seltsames, als Bekanntes und Gewöhnliches. Einige derselben namentlich *Alauda, Saxicola, Charadrius, Larus* und *Sterna* bedürfen nunmehr einer gänzlichen Revision, ja einer neuen Feststellung ihrer einfachsten Merkmale; andre wie *Nectarinia, Merops, Lanius, Hirundo,* sind so ausnehmend bereichert, dafs eine monographische Behandlung derselben für jetzt nur hier möglich sein wird.

Als ausgezeichnete Einzelnheiten verdienen nicht blofs die ungemein schönen Exemplare des Straufses aus Cordofan, sondern der prachtvolle Purpurstorch (*C. Abdimii*), der langgeschopfte Ibis (*I. comata*), der grofse ägyptische Mönchsgeier, der weifsköpfige Edelfalk (wahrscheinlich das Urbild des in Verbindung mit dem Sonnengott Phre so oft vorgestellten heiligen

Falken, die grau- und schwarzköpfigen Möwen und die vor zwanzig Jahren nur nach einem einzigen Exemplar aus unbekanntem Fundort von Paykull beschriebne, dann aber nie wieder gefundne *Dromas Ardeola* genannt zu werden.

Nur die Gattungen *Anas, Totanus* und *Tringa*, so reich sie an Arten im Orient gefunden werden, liefern nichts als das Europäische. In den übrigen überwiegt das Fremdartige bei Weitem, selbst in Gattungen, wo man in Betracht der Nähe viel Europäisches erwarten sollte, wie *Falco, Strix, Columba, Turdus, Fringilla, Emberiza, Charadrius* u. s. w. Höchst auffallend ist die völlige Identität einiger Wasservögel des rothen Meeres mit denen der brasilischen Küste. Beispiele sind *Sterna cayennensis, Larus macrorynchos, Dysporus Sula* und andre, die bis jetzt nur an diesen beiden Standorten gefunden wurden.

Die Zahl der Amphibien beträgt 437 Stück, von denen 27 in Bälgen, 6 als Skelet und 404 in Weingeist angekommen. Die Zahl der Arten beläuft sich auf 120. Doctor Hemprich hatte vor seiner Abreise eine allgemeine systematische Arbeit dieser Klasse vollendet, welche er Herrn Fitzinger in Wien zu gemeinschaftlicher Herausgabe überliefs und war deshalb wohl im Stande, unterwegs die Formen genau zu unterscheiden. Eine grofse Zahl derselben ist von Doctor Ehrenberg sogleich nach dem Leben gemalt worden, und da die ähnlichen Thiere bisher fast allein nach Weingeist-Exemplaren beschrieben und abgebildet wurden, so legten sie auf diesen Theil ihrer Beschäftigung einigen Werth.

Von Fischen wurden 2414 Stück gesammelt, davon Bälge 174, in Weingeist 2156, Skelete 84. Die Gesammtzahl der Arten beträgt 426, wovon 310 dem rothen Meere angehören, welche mit wenig Ausnahmen alle Arten des Forskalschen Verzeichnisses umfassen, dessen Zahl sie um mehr als das Doppelte übersteigen. Doctor Ehrenberg und im letzten Jahre ein besonders und allein dazu von ihm angelernter Maler, der Italiäner Finzi, haben fast alle Formen ausgemessen und in Umrissen festgehalten und 110 Arten sind nach dem Leben colorirt. Der fliegende Fisch des rothen Meeres, vielleicht das geflügelte Thier שלו *Salwa* aus der Geschichte der Israeliten am Sinai, wenn man überhaupt es nicht durch Heuschrecken erklären will, bisher nur als eine Erscheinung im hohen Meere durch Forskal bekannt, ist von ihnen oft gesehen und einmal durch besonders günstigen Zufall unweit

Rhalim (Elim), gerade da, von wo die Israeliten nicht fern waren, am Strande todt aber unbeschädigt gefunden worden. Bei starkem Sturme fliegt er manchmal schaarenweis auf die Schiffe. Mit Angeln und dort üblichen Netzen ist er ihren Erfahrungen nach nicht zu fangen, weil er nie an die Küste geht und keine Lockspeise nimmt. Sie haben ihn vorläufig als *Trigla* (?) *Israelitarum* bezeichnet.

Süfswasserfische haben sie (aufser denen des Nils, worunter mehrere neue, besonders ein grofser, dem Sudis vom Senegal verwandter dongolanischer Panzerfisch, der eine neue Gattung bildet und von ihnen *Heterotis nilotica* genannt wird), aus dem Hundsflusse (Nahhr el kelb) und dem Abrahamsflusse (Nahhr Ibrahim) in Syrien, aus dem Abflusse des warmen Quells Rhalim bei Tor am Sinai, aus den bisher noch unbekannten Flüssen Wadi Kanune und Wadi Djara im wüsten Arabien und aus dem Abfluſs des Sonnenquells in der Ammons-Oase durch den Magen eines dort geschossenen Reihers.

Von Mollusken sammelten sie 3508, nehmlich 2657 Conchylienschaalen, Thiere in Weingeist 851. Arten zählen sie 310. So wenig, leicht begreiflicherweise, unter der grofsen Zahl von Conchylien Neues ist im Verhältnifs zu andern Abtheilungen, um so mehr Neues und Schönes lieferten die Abtheilungen der nakten Mollusken und Ascidien. Eine Vergleichung der Bewohner des rothen Meeres mit denen des so nahe liegenden Mittelmeeres wird aus diesen Materialien ein ziemlich festes Resultat geben. Die letzte Aufzählung der Conchylien des rothen Meeres durch Herrn Professor Brocchi in der *Bibliotheca italiana* 1822 enthält nur 91 Arten. Fast alle Arten der nakten Mollusken sind von Doctor Ehrenberg nach dem Leben gemalt, oft mit vielen Details. Unter ihnen sind einige systematisch besonders wichtige Formen. Beschreibungen fehlen bei keiner Art.

Von Anneliden sind 261 Gläschen gefüllt, sie enthalten 67 Arten, meist sehr auffallend abweichende Formen und Doctor Ehrenberg glaubt, dafs diese mit unter die wichtigern Resultate der Reise gehören. Alle sind mieroscopisch untersucht, beschrieben und die Charaktere der neuen Gattungen abgebildet. Die Reisenden verdanken die Möglichkeit genauer Untersuchungen dieser Art, der zuvorkommenden Gefälligkeit des Herrn Savigny in Paris, welcher seine classische Arbeit über diesen Gegenstand ihnen zuzusenden die Güte hatte.

Von Crustaceen sind 675 gesammelt, trocken 203, in Weingeist 472. Arten zählten sie 103. Eine Zahl der schönern Formen sind colorirt nach dem Leben festgehalten, zu allen Bemerkungen gemacht.

Von Arachnoiden sammelten sie 275 aus 120 Arten, die Mehrzahl in Spiritus. Sämmtliche Arten sind sogleich von Doctor Ehrenberg gemalt worden und keine Art ist ohne detaillirte Beschreibung geblieben. Diese Abtheilung, bisher so wenig berücksichtigt, dürfte für die Naturgeschichte besonderes Interesse haben.

Von Insekten sind, dem Verzeichnisse nach, über 20000 Exemplare eingesandt, viele aber leider unterwegs zu Grunde gegangen, doch scheinen wenige Arten verloren zu sein, deren Zahl sich auf 1500 bis 2000 beläuft. Es sind von den Reisenden nicht blofs die Käfer und Schmetterlinge, sondern vorzugsweise die Hymenopteren, Dipteren und bisher weniger berücksichtigten Abtheilungen im Auge gehalten worden. Von diesem Ertrage an Arten scheinen über zwei Drittheile neu zu sein. Jedem Kistchen war immer ein ganz detaillirtes Verzeichnifs mit Bemerkungen über Vorkommen, Lebensart und Verwandlung, wo sie beobachtet, beigelegt. Viele Arten haben sie in ihrer ganzen Verwandlung beobachtet. Von einer Anzahl vergänglicher Arten sind colorirte Abbildungen gemacht worden. Erfreulich ist, dafs es ihnen gelang in einem kleinen *Coccus* auf der *Tamarix mannifera* (einem der *Tamarix gallica* nahe verwandten Strauch des Sinai), den lange umsonst gesuchten Mannageber zu entdecken. Sie haben ihn defshalb *Coccus mannifer* genannt, beschrieben, abgebildet und gesammelt. Heuschrecken-Wolken haben sie ebenfalls beobachtet und das Thier eingesandt.

Von Epizoen haben sie 102 Gläschen gefüllt, die sie auf eben so viel Thierarten sammelten. Oft waren mehrere Species auf einem Thiere.

Von Echinodermen sammelten sie 365 Arten, theils trocken, theils in Weingeist und besonders reichhaltig sind ihre Sammlungen an Formen der Gattung *Holothuria*, die Dr. Ehrenberg alle nach dem Leben gemalt hat.

Von Entozoen füllten sie über 600 Gläschen aus 198 Thierarten. Oft fanden sich viele, selbst bis 7 und 9 verschiedene Species gleichzeitig. Fast alle sind nach dem Leben microscopisch untersucht und sehr viele, über 100, gezeichnet worden.

Acalephen sammelten sie 88 aus 20 Arten, welche sämmtlich von Doctor Ehrenberg beschrieben und gemalt sind.

Von Polypen und Corallenthieren sind 62 Arten in 376 Exemplaren gesammelt. Fast alle sind frisch zergliedert und beschrieben, viele in ihrem ausgedehnten Zustande sogleich gemalt worden. Sie halten diese Beobachtungen für besonders interessant. 138 sind in Weingeist, die übrigen trocken eingesandt.

Beobachtungen über Infusorien sind aufser in Ägypten und Dongola besonders in der Oase des Jupiter Ammon und am Sinai angestellt worden und die Zahl der beobachteten und aufgezeichneten Formen beträgt 50. Beobachtungen von Infusorien im frisch gefallenen Thau sind von ihnen wiederholt versucht worden, aber nie gelungen.

Endlich haben die Reisenden durch sorgfältige Bemerkung der Localitäten und Verhältnisse einen Beitrag zur zoologischen Geographie beabsichtigt, der sich bis auf die niedrigsten Formen erstreckt, ohne einer oder der andern Abtheilung einen Vorzug einzuräumen.

Resultate für Zootomie und Physiologie.

Die Reisenden haben dieselbe, ja eine noch gröfsere Sorgfalt auf die Untersuchung der einfacheren und kleineren, als auf die der gröfsern Thiere gewandt, welches um so erwünschter war, als bei jenen eine genaue Untersuchung häufig nur im frischen Zustande möglich ist, und es wird daher durch sie nicht blos die Menge der Gattungen und Arten sehr vermehrt, sondern häufig der Bau sehr befriedigend dargelegt und es erregt eine grofse Freude, wenn man neben den Thieren die Menge der sehr gelungenen Abbildungen von Polypen, Entozoen, Strahlthieren, Mollusken u. s. w. durchgeht, und überall auf interessante Beobachtungen stöfst: so wollen sie z. B. bei der *Ascaris spiculigera* ein Häuten wahrgenommen haben; bei einer *Ascaris* des *Hyrax syriacus* haben sie Blinddärme sowohl am Darm als am Samenstrang entdeckt u. s. w.

Die Anatomie der Insecten im Linnéischen Sinn ist sehr bereichert, z. B. durch eine Reihe Beobachtungen über die Pupille des Insectenauges, mit colorirten Abbildungen; über die Bildung des Pigments in demselben während der Metamorphose; über diese selbst; unter andern, dafs bei dem Auskriechen der Dipteren aus den Larvenhäuten eine aus dem Kopf willkührlich hervortretende Blase dessen Gestaltung wesentlich bedingt; bei

einer *Mantis* haben sie die Bewegung der Säfte in den Flügeln deutlich wiederholt beobachtet; und eine Menge in Weingeist aufbewahrter Insecten und deren Larven gewährt noch viele Untersuchungen.

Die übersandten Fische und deren Skelette, zum Theil von sehr auffallenden Gestalten, von zahlreichen Beobachtungen und anatomischen Abbildungen begleitet, bilden einen der reichsten Theile der Sammlung, so dafs allein über die Lage der Eingeweide bei 102 Arten von Fischen Zeichnungen vorhanden sind, die noch zahlreicheren übrigen ungerechnet. Bei einem Fische (*Heterotis nilotica*) haben unsere Reisenden ein räthselhaftes, faustgrofses Organ an den Kiemen und dem Wasser zugänglich gefunden, das acht ein halb Schneckenwindungen und einen drei Linien dicken Nerven enthält, und das Doctor Ehrenberg als ein accessorisches Gehörorgan betrachtet. Einige schöne Exemplare des Zitterwelses, *Malacopterurus* (*Silurus*) *electricus*, haben eine vollständige Anatomie des electrischen Organs (in dem jetzt erscheinenden Bande der Schriften der Akademie) gestattet, da es sonst nur sehr obenhin beschrieben war.

Unter den vielen Beobachtungen über die Amphibien zeichnen sich besonders die zahlreichen Untersuchungen über das Auge aus. Den Kamm haben sie, die Schildkröten ausgenommen, in allen von ihnen untersuchten Gattungen gefunden; hinter der Netzhaut des Krokodilauges eine dem Tapetum ähnliche lösbare Haut u. s. w.

Von Vögeln hatten sie 173 Eier und mehrere Nester gesammelt. Viele Vögel sind anatomirt. Von 52 Arten sind die Zungen, von 15 Arten ist der Gaumen gezeichnet. Bei *Ardea Virgo* ist, wie sich erwarten liefs, der von Perrault dem Auge dieses Vogels abgesprochene Kamm gefunden. Bei dem eingesandten Skelett des *Buceros melanoleucos* ist eine sonst noch bei keinem Vogel beobachtete Beschaffenheit der Luftknochen gefunden; die Hals- und Steifswirbelbeine enthalten Luft, die übrigen nicht, auch nicht das Brustbein und die Schlüsselbeine; was aber vorzüglich merkwürdig ist, nicht blofs die Oberarmbeine und Oberschenkelknochen, sondern auch die des Vorderarms und der Hand, so wie die des Unterschenkels und Mittelfufses und der Zehen (das letzte Glied ausgenommen) sind Luftknochen, und mit eigenen Öffnungen versehen.

Wie von Fischen, Amphibien und Vögeln, sind auch von vielen Säugthieren Fötus gesammelt. Von 24 Thieren ist die Krystallinse gezeichnet und

gemessen, das Tapetum ist bei vielen Thieren genau untersucht und colorirt dargestellt. Die eingesandten Skelette und Schädel, unter jenen vom Nilpferde, vom *Hyrax syriacus*, mehreren Gazellen u.s.w., unter diesen von der Giraffe, vom Apis, vom Dugong aus dem rothen Meere u.s.w. sind sehr grofse Bereicherungen des anatomischen Museums. Am Schädel des Dugongs sind, was bisher von den Beobachtern übersehen worden, deutliche knöcherne Muscheln vorhanden, wodurch sich dieses Thier von den Wallfischen, wohin es Pallas und Cuvier sonst mit Recht gebracht haben, sehr unterscheidet.

Noch Jahre lang werden die, natürlich nur erst noch völlig zu bearbeitenden und aufzustellenden Präparate die interessantesten Bereicherungen der Wissenschaft liefern, so dafs erst späterhin der ganze Zuwachs beurtheilt werden kann.

Resultate für Geognosie und Oryktognosie.

In den grofsen Länderstrichen, die die Reisenden durchzogen haben, ist von ihnen überall das anstehende Gestein auf das sorgfältigste nach seinen Lagerungsverhältnissen beobachtet worden. Die gesammelten Gebirgsarten lassen sich in fünf Gruppen vertheilen, unter denen sich besonders auszeichnen: 1) die neuen Flöz- und Tertian-Formationen von Ägypten und der nahen Wüste, 2) das Ur- und Übergangs-Gebirge der Katarraeten, die Onyx-Geschiebe von Assuan, der Granit-Gneis mit körnigem Kalk und hornblendigem Gestein von Nubien nebst Steinsalz aus Dongola; 3) die Porphyr- und Syenit-Formationen vom Sinai und der anliegenden Halb-Insel; 4) der Jurakalk des Libanon mit Fischversteinerungen 3000 Fufs über dem Meere, bei Djebbehl, mit Seemuscheln bei Sanin nahe an der Schneegrenze, und mit Braunkohle im Sandstein und Schieferthon bei Bischerra, so wie mit Basalt bei Haddet, etwa 6000 Fufs über dem Meere; 5) die Küstenländer des rothen Meeres mit der vulkanischen Insel Ketumbul und dem südöstlichen Abfall des Habessinischen Gebirges. In allen diesen Gegenden haben Herr Ehrenberg und Hemprich nur auffallende Ähnlichkeit geognostischer Verhältnisse besonders in der Association der Gebirgsmassen erkannt. Mehrere Skizzen mineralogischer Karten, welche die Berichterstatter untersucht haben, zeugen von der unbegrenzten Thätigkeit welche die Reisenden auch in diesem Theile der Arbeiten gezeigt haben.

Resultate für Länder- und Völkerkunde.

Bei dem Zweck der Reise, den wir in dem Eingange zu diesem Berichte ausgesprochen haben, sind Beobachtungen über Völker- und Länderkunde, so wie graphische Versuche dieser Art nur als Nebenarbeiten zu betrachten; doch wird die kurzgefafste Erwähnung dessen, was auch in diesem Fache geschehen ist, lehren, dafs die Reisenden, ohne Hülfe astronomischer Ortsbestimmungen, durch häufige Messung der Winkel, welche die wichtigsten Punkte mit dem magnetischen Meridian machen, durch Schätzen der Abstände und durch sorgfältig geführte Itinerarien doch viele wichtige topographische Materialien zusammengetragen haben. Am Eingange des Meerbusens von Akaba und bei Gisan hat Herr Ehrenberg die Umrisse mehrerer Inseln gezeichnet, welche in Valenzia's Karten gänzlich fehlen. Die Insel Farsan von drei Tagereisen im Umfange mit drei Dörfern und mehreren Häfen für kleine Schiffe, ist als eine neue geographische Entdeckung zu betrachten. Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen ferner die Reiserouten von Tor nach dem Sinai und Suez; über Bir Beda nach dem Schilfsumpfe ohnweit dem Berge Goaebe; von Suez bis zur Insel Cameran längs der Ostküste des rothen Meeres, wo eine Menge Ankerplätze den Geographen unbekannt waren; von Gumfude in das Land der Wechabiten bis zum Berge Derban; von Massaua in Habessinien bis zu dem Taranta-Gebirge und den warmen Quellen bei Eilet; von den beiden Schneespitzen des Libanon durch Cölesyrien nach Balbek und von da nach der Küste von Tripolis; von Alexandrien nach Bir el Kor und von da nach der Oase von Siwa. In den nördlichen Küstenländern des rothen Meeres wurden geographische Beobachtungen gesammelt, welche für die ältesten und ehrwürdigsten Traditionen des Menschengeschlechts aufklärend sind. So sahen die Reisenden Bir Beda, wahrscheinlich das bisher noch unbestimmt gebliebene Bedea der heiligen Schrift und das Schilfmeer Jam suf. Das alte Midian, Moses Aufenthaltsort, wird noch durch die Lage von Magne, wo Häuser von Gärten umgeben liegen, bezeichnet. Bei Tor erkannten Ehrenberg und Hemprich in dem warmen Qnell Rhalin die Station der Israeliten Elim. Brunnen sind in diesen Ländern bleibendere Denkmähler der Natur, als Wälder und Sandhügel. Aufser diesen geographischen Notizen haben die Reisenden noch nach Europa gesandt:

1) ein Verzeichnifs sämmtlicher Ortschaften der Maroniten im nördlichen Theile des Libanon in arabischer und lateinischer Orthographie, 616 an Zahl, geschrieben von einem Secretair des Emir Bschir, Prinzen des Libanon.
2) ein Namenverzeichnifs sämmtlicher Ankerplätze, Inseln, Corallenriffe und Ortschaften an der Ostküste des rothen Meeres zwischen Suez und Cameran 287 an Zahl, grofsentheils in arabischer Sprache.
3) ein ähnliches Namenverzeichnifs (86 an Zahl), für die Westküste des rothen Meeres.
4) die von einem Araber, in der Armee des Pascha von Ägypten aufgenommene Karte des Landes der Wechabiten von Taife (bei Mekka) bis Assir und Gumfude.
5) Profile der gebirgigten Ostküste des rothen Meeres, des Sinai, des Libanon und der Insel Cypern, von Doctor Ehrenberg gezeichnet.

Wir erwähnen nicht der Bemerkungen über Menschenraçen, Sitten und Sprache, welche die Tagebücher der Naturforscher enthalten. Sie haben überall den Einfluſs der Climate auf den Organismus beobachtet, und gegen 800 Thermometer-Beobachtungen in Gegenden angestellt, über deren mittlere Temperatur, innerhalb der Tropen oder an der südlichen Grenze der temperirten Zonen (wo noch eine beträchtliche Winterkälte eintritt), man bisher so wenig bestimmte Erfahrungen hat. Für die Königl. Sammlungen sind viele Menschen- und Thier-Mumien, zwei griechische Papyrus-Rollen in Ägypten gefunden, sieben arabische Manuscripte und eine habessinische Bibel (die Psalmen in der Amhara-Sprache) wichtige Bereicherungen geworden.

Dies ist die gedrängte Übersicht der wissenschaftlichen Resultate, welche Ehrenberg's und Hemprich's Reisen durch Ägypten, Nubien, Syrien und beide Küstenländer des rothen Meeres geliefert haben. Der Hauptzweck eines so wichtigen Unternehmens würde unerfüllt bleiben, wenn Beobachtungen, die zur Erweiterung aller Theile der Naturkunde und der physikalischen Erdbeschreibung so wesentlich beitragen und die als ein gemeinsames Eigenthum aller gebildeten Nationen zu betrachten sind, nicht durch Unterstützung des Staats zur öffentlichen Bekanntmachung gefördert würden. Bei dem wohlthätigen Schutze, den die Regierung allen Bestre-

bungen schenkt, die den Wissenschaften und Künsten ersprieſslich, den Ruhm des Vaterlandes erhöhen, können wir jene Besorgniſs mit Zuversicht von uns entfernen. Es liegt aber den Berichterstattern ob, den Wunsch der Akademie für eine Art der Bekanntmachung auszudrücken, die den gegenwärtigen Bedürfnissen der Wissenschaften auf das Vollkommenste entspricht, ohne durch übermäſsige Pracht die herauszugebenden Werke einem groſsen Theil der Naturforscher unzugänglich zu machen. Abbildungen organischer Körper in Farben können nicht sorgfältig genug sein, wenn sie neue Formen, gleichsam den Typus einer neuen Familie, oder einer neuen Gattung darstellen. Dagegen sind Linear-Umrisse hinlänglich, so oft aus bekannten Gattungen eine groſse Zahl neuer Arten beschrieben wird. Herrn Ehrenberg's treffliche Zeichnungen auf der Reise selbst in Ansicht der Naturgegenstände entworfen, können für das zum Muster dienen, was noch zu leisten übrig ist. Ein Reisewerk, dessen Charakter Mannigfaltigkeit und Gründlichkeit des Beobachteten ist, muſs seine Hauptzierde in der einfachen Treue und in der zweckmäſsigen Auswahl des Abzubildenden finden. Auf diese Weise wird die Herausgabe schneller und für den Staat minder kostbar sein. Die Akademie der Wissenschaften, welche die Reise veranlaſst, und aus ihren eigenen Mitteln beträchtlich unterstützt hat, würde ihren Beruf, für lebendige und freie Verbreitung des Wissens zu sorgen, unerfüllt lassen, wenn sie nicht die Arbeiten Ehrenberg's und Hemprich's zu baldiger Bekanntmachung auf das Dringendste empföhle.

Berlin am 13. November 1826.

A. v. Humboldt. Lichtenstein. Link. Rudolphi. Weiſs.

Abhandlungen

der

mathematischen Klasse

der

Königlichen

Akademie der Wissenschaften

zu Berlin.

Aus dem Jahre

1826.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königl. Akademie
der Wissenschaften.

1829.

In Commission bei F. Dümmler.

Digitized by Google

Inhalt.

Bessel: Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels ..... Seite 1
Encke über die Bahn der Vesta ..... - 257
Dirksen über die Bedingungen des Gleichgewichts eines freien materiellen Punktes - 271

Untersuchungen
über
die Länge des einfachen Secundenpendels

von
F. W. BESSEL.

Erster Abschnitt.

Bestimmung der Länge des einfachen Secunden-Pendels für die Königsberger Sternwarte.

1.

Die Bestimmung welche ich hier mittheilen werde, ist auf einen Apparat gegründet, bei dessen Einrichtung ich beabsichtigte, sowohl jede über den Mittelpunkt der Bewegung des Pendels mögliche Unsicherheit, als jeden Fehler in der Messung der Länge desselben zu vermeiden. Dieses habe ich dadurch erlangt, dafs ich nicht Schwingungszeit und Länge Eines Pendels, sondern die Schwingungszeiten zweier Pendel beobachtet habe, deren Längenunterschied nicht sowohl gemessen, als vielmehr der ganzen *Toise du Pérou* gleichgemacht wurde.

Die Einrichtung ist im Wesentlichen folgende: an einer lothrechten eisernen Stange ist eine einige Linien grofse wagerechte Ebene unwandelbar befestigt, auf welche die Toise mit einem ihrer Enden, lothrecht gestellt werden kann; ferner ist eine Einrichtung vorhanden, von welcher das, aus einer Kugel an einem Faden bestehende Pendel herabhängt, und welche entweder auf der erwähnten festen Ebene, oder auf dem oberen Ende der auf dieselbe gestellten Toise ihren Ruhepunkt hat, so dafs der Anfangspunkt des Pendels, in beiden Fällen, einen Höhenunterschied erhält, welcher der Länge der Toise genau gleich ist; endlich ist am unteren Ende der eisernen Stange eine Mikrometerschraube, durch welche kleine Unterschiede in der Höhe der herabhängenden Kugel gemessen werden können. Die Bestimmung der Pendellänge wird daher dadurch erlangt, dafs man die Schwingungszeiten der an zwei verschiedenen Fäden befestigten Kugel beobachtet,

deren Länge so nahe um eine Toise verschieden ist, dafs der Höhenunterschied der Kugel an beiden Pendeln, nämlich an dem kürzeren wenn es von der festen Ebene, und an dem längeren wenn es von der oberen Fläche der Toise herabhängt, durch die Mikrometerschraube gemessen werden kann. Diese Schwingungszeiten zweier Pendel, deren Längen selbst unbekannt sind, deren Längenunterschied aber bekannt ist, sind offenbar hinreichend zur Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels.

Diese Idee der anzuwendenden Methode, und die Art wie sie, meiner Meinung nach, so ausgeführt werden konnte, dafs die Genauigkeit des Resultats nicht von dem Apparate, sondern allein von dem Fleifse welchen man auf die Beobachtungen und ihre Wiederholung verwendet, begrenzt wird, theilte ich im Anfange des Jahrs 1823 Herrn Repsold in Hamburg mit; dieser grofse Künstler hatte die Güte, auf meine Vorschläge einzugehen, und einen Apparat auszuführen, welcher in allen seinen Theilen die Vollendnng der Einrichtung und Arbeit besitzt, welche eines solchen Meisters würdig sind. Im Anfange von 1825 wurde das Instrument fertig, und ich nahm es, vor seiner Absendung nach Königsberg, in der Werkstatt des Künstlers selbst in Empfang. Zugleich erhielt ich eine Toise von Herrn Fortin in Paris, deren Bestellung Herr Arago gütigst übernommen hatte, und für deren sorgfältige Vergleichung mit dem Originale der *Toise du Pérou*, ich diesem grofsen Physiker und Astronomen, so wie Herrn Lieutenant Zahrtmann, welcher sich, in Angelegenheiten der grofsen Schumacherschen Vermessungen, in Paris befand, dankbar verpflichtet bin. Im August 1825 langte alles hier an und ich fing bald darauf die Versuche an, von welchen ich im Laufe dieser Abhandlung Rechenschaft geben werde.

2.

Zuerst werde ich den Apparat beschreiben. Die perspectivische Abbildung und der daneben befindliche Aufrifs, deren Zeichnungen ich Herrn Hafenbau-Inspektor Hagen verdanke, stellen das ganze so deutlich dar, dafs ich nicht zweifle, es vollständig erklären zu können.

Der Apparat ist an einem Gebälke von Mahagoniholz *aaaa* aufgestellt, welches im nördlichen Zimmer der Sternwarte, an der Mauer welche dieses von dem südlichen trennt, befestigt ist; es ist nämlich in dieser Mauer,

etwa 7 Zoll über dem Fufsboden, ein starkes (in der Zeichnung nicht sichtbares) Eisen befestigt, auf welchem das untere Queerholz des Gebälkes ruht; zwei andere Eisen *b b*, am oberen Ende, in der Mauer befestigt, welche vorn hakenförmig gekrümmt sind, dienen zur Befestigung des Gebälks, und durch Keile welche zwischen ihnen und dem Gebälke eingeschoben sind, wird das letztere lothrecht gerichtet. Auf diese Art ist also das Gebälk, und damit der daran aufgehängte Apparat, von dem Fufsboden getrennt. In dem oberen Queerholze dieses Gebälks ist ein Bolzen *c* befindlich, auf welchem die 10 Fufs 2 Zoll lange, 4 Zoll breite und 4 Linien dicke eiserne Stange *d d* aufgehängt ist; um sie genau lothrecht zu stellen dienen das Loth *f f* und die Schrauben *g g*, *h h*, so wie drei Paare anderer Schrauben, welche sich in den Queerhölzern des Gebälks befinden, und von der Rückseite desselben, mittelst eines Schlüssels, gedreht werden, aber in der Zeichnung nicht sichtbar sind.

An der grofsen eisernen Stange befindet sich der lothrechte stählerne Cylinder *i*, dessen beide Enden kegelförmig sind; mit dem unteren, welches abgerundet ist, ruht er auf einem an der Stange festen Ansatze; das obere Ende ist, senkrecht auf die Axe des Cylinders, abgeschnitten, und bildet eine kreisförmige, polirte Ebene von 3 Lin. Durchmesser, welche, nach einem Herrn Repsold eigenthümlichen Verfahren, ihre auf der Ebene der grofsen Stange senkrechte Stellung, mit der gröfsten Schärfe erhalten hat.

Auf diese Ebene kann die Toise *k k* gestellt werden, und wird dann durch schwache Federn *m m* aufrecht erhalten; jedoch ist eine Hülse *n* in der Mitte derselben festgeklemmt, unter welche zwei, um die Unterlagen *o o* bewegliche Hebel greifen, an deren anderen Armen so schwere Gewichte wirken, dafs sie die Toise genau tragen. Durch diese Einrichtung ist die Verkürzung der Länge aufgehoben worden, welche die Toise erfahren würde, wenn man sie aus der wagrechten Lage, in welcher sie mit ihrem Originale verglichen worden ist, brächte und auf eins ihrer Enden stellte: die obere Hälfte verkürzt sich nämlich um dieselbe Quantität um welche die untere sich verlängert.

Die Toise schwebt also frei, und erlangt eine feste Stellung auf dem Cylinder *i* nur durch das Übergewicht welches sie, bei dem Gebrauche des längeren Pendels, dadurch erhält, dafs der Apparat *p*, von welchem dieses herabhängt, auf ihrem oberen Ende ruht. Dieser Apparat, welchen ich den

Aufhängungsrahmen des Pendels nennen werde, ist auf der zweiten Kupfertafel Fig. 1. gröfser dargestellt. An der rechten Seite der grofsen eisernen Stange, in der Höhe sowohl des unteren, als des oberen Endes der Toise, sind zwei Paare von Lagern $q\,q$ angebracht, den Lagern eines Mittagsfernrohrs ähnlich; auf diese werden Cylinder von gehärtetem Stahl, von 1 Zoll Durchmesser, gelegt, so dafs ihre Axen senkrecht auf die Ebene der grofsen Stange gerichtet sind, und mittelst einer Wasserwage und einer an dem vorderen Lager befindlichen Schraubenbewegung, genau horizontal gestellt werden. Bei den Versuchen mit dem längeren Pendel wird der Aufhängungsrahmen, mit den umgekehrten, daran befindlichen Lagern, auf den oberen Cylinder gelegt, bei den Versuchen mit dem kürzeren Pendel auf den unteren. In dem letzten Falle wird die Toise etwa einen Zoll in die Höhe geschoben, damit die horizontale Ebene des Cylinders i von derselben frei werde; dieses geschieht leicht und sicher, da die Toise von ihren Gegengewichten getragen wird.

Der Aufhängungsrahmen besteht, wie Fig. 1. Taf. II. deutlich macht, aus einem eisernen Rahmen, unter dessen, den Lagern entgegengesetztem Ende, ein Cylinder von Stahl befestigt ist, welcher durch Fig. 3, in seiner wahren Gröfse, besonders dargestellt wird. Dieser Cylinder hat an dem hinteren, der grofsen Stange zugewandten Ende, eine Kugel, von welcher zwei Segmente, senkrecht auf die Axe des Cylinders, abgeschnitten sind; an dem vorderen hat er einen kleineren Cylinder von 0,996 Lin. Durchmesser, welchen ich den Abwickelungs-Cylinder nennen werde; dieselbe Benennung werde ich auch dem ganzen Cylinder mit der Kugel, wovon der eigentliche Abwickelungs-Cylinder nur ein Theil ist, beilegen. An dem, an den Aufhängungsrahmen befindlichen, schräg aufwärts gehenden Stücke, wird der Pendelfaden festgeklemmt, dann über den Abwickelungs-Cylinder geführt und nun durch die Kugel des Pendels gespannt. Sobald diese Kugel angehängt ist, zieht ihr Gewicht den Aufhängungsrahmen vorn herab, so dafs die Kugel am hinteren Ende des Abwickelungs-Cylinder, bei den Versuchen mit dem langen Pendel auf die Mitte der oberen Fläche der Toise drückt und dieser die feste Stellung auf der wagrechten Ebene des Cylinders i giebt, wozu auch die Reibung der Hebel an ihren Ruhepunkten $o\,o$ beiträgt; bei den Versuchen mit dem kurzen Pendel drückt diese Kugel auf die wagrechte Ebene des Cylinders i selbst. Das Gegengewicht an dem Aufhängungs-

rahmen, welches die Zeichnung darstellt, ist so geschoben, dafs der Druck etwa 12 Unzen beträgt.

Bei den Versuchen werden die auf den Lagern *q q* liegenden Cylinder nivellirt; indem sie dadurch horizontal werden, wird auch die Axe des Abwickelungs-Cylinders entweder horizontal, oder sie macht wenigstens mit dem Horizonte stets denselben Winkel. Hieraus geht hervor, dafs der Höhenunterschied des Anfangspunkt zweier Pendel, die der Temperatur des Versuchs zugehörige Länge der Toise ist. Man bemerkt leicht, dafs die Construction des Abwickelungs-Cylinders, welcher am hinteren Ende eine Kugel hat, die Untersuchung ob die beiden Lager *q q* genau eine Toise voneinander entfernt sind, unnöthig macht; doch hat Herr Repsold dafür gesorgt, dafs die Axe um welche der Aufhängungsrahmen sich dreht und die Axe des Abwickelungs-Cylinders, bei dem Gebrauche beider Pendel, sich in einer Horizontalebene befinden, wodurch auch die strenge Richtigkeit des Paralellismus beider Axen unnöthig wird. Ich erwähne dieses, nicht weil ich glaubte, dafs die Construction hier weniger vollkommen wäre als in ihren übrigen Theilen, sondern nur um dadurch bemerklich zu machen, dafs die Anbringung eines besonderen Prüfungsmittels für den Paralellismus beider Axen überflüssig gewesen sein würde.

Die auf diese Art aufgehängten Pendel beschreiben keine Kreise, sondern die Curve deren Evolute der Kreis ist.

Um den Höhenunterschied der Kugel in beiden zusammengehörigen Versuchen zu messen, ist an dem unteren Ende der grofsen eisernen Stange die Vorrichtung *r* befindlich. Sie besteht aus einem Hohl-Cylinder von Glockenmetall, am Eisen der Stange befestigt, in welchem sich ein Cylinder von Stahl, von 7 Linien Durchmesser, auf und abwärts schieben, und auch um seine Axe drehen läfst; von diesem Cylinder ist ein kleines Stück am oberen Ende in der Zeichnung sichtbar. Unter das untere Ende dieses Cylinders wirkt die Schraube *s*, so dafs er, durch Drehung derselben, erhöhet und erniedrigt, und die Quantität dieser Veränderungen durch die Revolutionen dieser Schraube gemessen werden kann. Das obere Ende des Cylinders wird indessen nicht unmittelbar mit der Kugel in Berührung gebracht, sondern es ist darauf ein sechzig Mahl vergröfsernder doppelter Fühlhebel *t* befestigt, dessen kürzerer Arm eine horizontale polirte Stahlebene trägt. Die Schraube *s* wird so weit gedreht, bis die die Kugel berührende Stahl-

ebene am kurzen Arme des Fühlhebels, den längeren bis zu einem Zeichen an seinem Gehäuse erhebt; hierdurch kann man die Höhenunterschiede der Kugel genauer beobachten, als ohne Fühlhebel möglich sein würde.

Da es wesentlich ist, zufällige Veränderungen der Temperatur von dem Apparate zu entfernen, so ist derselbe in ein Gehäuse mit Spiegelplatten eingeschlossen, und man dreht die Schraube s nicht unmittelbar, sondern bei verschlossenen Fenstern, mittelst der Handhabe u, welche durch ein Stirnrad auf die Schraube wirkt. Auch wird das Pendel bei verschlossenem Gehäuse sowohl in Bewegung gesetzt als angehalten; dieses geschieht durch die Zange v, welche sich vor und rückwärts schieben läfst, und durch welche man also das Pendel beliebig weit von der Lothlinie entfernen kann, ehe man es seiner Bewegung überläfst. In w ist eine Scale, welche die Schwingungsweiten mifst. In das Eisen der grofsen Stange eingelassen sind die Kugeln der Thermometer e', e'', e'''; zwei andere Thermometer l' und l''' hängen frei im Gehäuse und zeigen die Temperatur der Luft; das erstere, dessen Kugel sich in der Höhe der Pendelkugel befindet, bleibt immer an seinem Orte, das letztere hat seine Kugel stets in der Höhe des Aufhängepunkts der Pendel und befindet sich also an dem in der Zeichnung angegebenen Orte wenn mit dem langen Pendel experimentirt wird; wird aber das kurze Pendel angewandt, so wird das Thermometer so tief gehängt als dann erforderlich ist. In dieser Lage bezeichne ich dasselbe Thermometer durch l''.

Endlich erwähne ich noch, dafs sowohl das Gebälk von Mahagoniholz, als auch die grofse eiserne Stange, so eingerichtet sind, dafs sie, des leichtern Transports wegen, in der Mitte auseinandergenommen werden können. Dazu dienen, für das Gebälk, die in der Zeichnung sichtbaren Schrauben $xxxx$; die Zusammensetzungsart der Stange, welche eben so sicher als kunstreich ist, konnte in der Zeichnung nicht angegeben werden.

3.

In dieser Beschreibung habe ich, um die Übersicht des ganzen Apparats nicht zu erschweren, die Anführung aller Einzelnheiten vermieden, werde aber, so wie ihre Kenntnifs nothwendig wird, darauf zurückkommen. Auch habe ich bei keinem der Theile der Vollendung erwähnt, welche alle

besitzen. Dieses ist bei einer Arbeit von Repsold unnöthig, allein ich kann dennoch nicht verschweigen, dafs die genaue Untersuchung des Apparats, sowohl meinem hochgeehrten Freunde Schumacher, als mir selbst, die Bewunderung abgenöthigt hat, welche wahrer Vollendung gebührt.

Ich kann indessen nicht unterlassen, von der Mikrometer-Vorrichtung am unteren Ende des Apparats noch einiges zu sagen, indem die mehr oder weniger gute Ausführung dieses Theils, unmittelbaren Einfluſs auf die Messungen der Höhenunterschiede hat. Der Cylinder nämlich, welcher sich in der Hülse von Glockenmetall bewegt, füllt den Raum dieser letzten so genau aus, dafs, wenn man diese Hülse unten luftdicht verschliefst, vorher aber den Cylinder etwas in die Höhe hebt, derselbe auf der in der Hülse befindlichen Luft ruht, dennoch aber Spielraum genug hat, um eine Axendrehung welche man ihm giebt (nachdem der Fühlhebel, welcher der Drehung im Wege sein würde, abgeschraubt worden ist) mehrere Minuten lang fortzusetzen. Dabei sind der Cylinder und seine Hülse vollkommen trocken, ohne Öl, so dafs die Bewegung des ersteren, bei den Messungen der Pendel, auch nicht durch die Klebrigkeit des Öls gestört werden kann, und er in der That der kleinsten Drehung der Schraube welche ihn trägt, nachgiebt. Durch diese fast völlige Gleichheit der Durchmesser des Cylinders und seiner Hülse, erhält man die Versicherung, dafs der erstere, bei der Erhöhung und Erniedrigung sich parallel bleibt; dieses wird bestätigt wenn man auf das Gehäuse des Fühlhebels eine Wasserwage setzt, welche ihren Stand nicht verändert, wenn man den Cylinder erhöhet oder erniedrigt. Die dagegen stattfindende Beschränkung des Gebrauchs des Apparats auf Temperaturen, welche nicht niedriger sind als einige Grade unter dem Gefrierpunkte, ist unbedeutend; die gröfsere Zusammenziehung des Glockenmetalls durch die Kälte vernichtet nämlich den kleinen Zwischenraum dann ganz, und der Cylinder verliert seine Beweglichkeit.

Ein anderer Punkt von unmittelbarem Einflusse auf die Resultate ist die Unbeweglichkeit des Aufhängungsrahmens während der Schwingungen. Um diese zu prüfen, habe ich das kleine, von Herrn Hardy erfundene Instrument, welches auch Herr Kater zu demselben Zwecke angewandt hat, nachdem es vorher den Pendelschwingungen gleichzeitig gemacht war, sowohl bei dem langen, als bei dem kurzen Pendel, auf den Aufhängungsrahmen gestellt, aber keine Bewegung bemerkt. Um aber eine noch directere

Prüfung der Richtigkeit der Versuche, in dieser Hinsicht zu erhalten, habe ich den Rahmen, nahe an dem Punkte von welchem das Pendel herabhängt, durch mehrere stark angespannte Fäden, auf das stärkste befestigt und das Pendel schwingen lassen, dann diese Befestigung weggenommen und die Schwingungen des Pendels fortgesetzt; beide Reihen von Versuchen haben aber, weder bei dem langen, noch bei dem kurzen Pendel, einen Unterschied gezeigt. Übrigens wäre bei einem Apparate von meiner Einrichtung, die absolute Unbeweglichkeit des Aufhängepunkts vielleicht weniger wesentlich, als bei einem anderen, indem der Einfluſs einer kleinen Bewegung auf die Längen beider Pendel wahrscheinlich gleich sein, und dann aus dem Unterschiede, worauf es allein ankömmt, verschwinden würde.

4.

Ich werde jetzt das Pendel selbst näher beschreiben. Der Stahlfaden, welcher die Kugel trägt, ist nicht selbst in Berührung mit dem Abwickelungs-Cylinder, sondern es ist an dem Aufhängungsrahmen ein 1,4 Lin. breites, etwa 0,008 Lin. dickes Messingblättchen festgemacht (*), welches über den Abwickelungs-Cylinder gelegt ist und einige Linien unter demselben eine Klemme von Messing trägt, welche 20,77 Gran des Preufsischen Pfundes wiegt. Der Pendelfaden ist, an beiden Enden, in kleine Schraubenklemmen befestigt, welche dem Gewichte nach vollkommen gleich sind, jede 19,72 Gran schwer. Von diesen Klemmen wird eine in die mit einer Schraubenmutter versehene Klemme am Messingblättchen, die andere in eine gleiche in die Kugel eingebohrte Schraubenmutter eingeschraubt, durch welche Einrichtung man auch in den Stand gesetzt wird, den Faden leicht umzukehren. Endlich ist ein 2 Lin. hoher und 1,25 Lin. Durchmesser habender, in der Axe durchbohrter Cylinder von Messing, der für das lange Pendel 3,81 Gran, und für das kurze 3,69 Gran wiegt, auf den Faden geschoben; dieser ist erforderlich um die Beobachtung der Schwingungszeiten genau zu machen, wie aus der unten vorkommenden Beschreibung der Beobachtungsart hervorgehen wird; ich werde ihn den Coincidenz-Cylinder nennen. Die

(*) Ein Quadratzoll desselben wiegt 1,801 Gran, also eine Linie der Länge eines Streifens von 1,4 Lin. Breite 0,01759 Gran.

2te Fig. Taf. II. zeigt alles dieses in wahrer Gröfse; die erste macht die Befestigung des Messingblättchens anschaulich.

Wenn das Messingblättchen vollkommen biegsam wäre, so würde der Mittelpunkt der Kugel einen Bogen der Curve beschreiben, deren Evolute der Durchschnittskreis des Abwickelungs-Cylinders (Durchmesser = 0,''996) ist. Es läfst sich leicht zeigen (Beilage I.), dafs die Zeit einer ganzen Schwingung in dieser Curve, von derjenigen Zeit nicht merklich verschieden ist, in welcher ein einfaches Pendel eine Schwingung machen würde, dessen Länge der Länge des sich abwickelnden Pendels im Zustande der Ruhe, oder der mittleren Länge desselben gleich ist. Wenn man aber die Federkraft des Fadens nicht aufser Acht läfst, so wird klar, dafs derselbe zwischen dem Abwickelungs-Cylinder und der Kugel keine gerade Linie, sondern in der Nähe des ersteren gekrümmt ist, welche Krümmung aber mit der wachsenden Entfernung vom Abwickelungs-Cylinder geringer, und sehr bald unmerklich wird. Man kann nicht daran zweifeln, dafs diese Federkraft einen Einflufs auf die Schwingungszeit des Pendels haben müsse, allein da die Krümmung nur ganz nahe am Abwickelungs-Cylinder merklich ist, so ist zu erwarten, dafs sie nur den Mittelpunkt der Bewegung ändert, entweder um eine beständige, oder mit dem Schwingungswinkel veränderliche, nicht aber von der Länge des Pendels abhängige Quantität.

Da aber die gegenwärtige Methode nicht auf die Länge eines Pendels, sondern auf den Längenunterschied zweier Pendel gegründet ist, und daher alles was beide gleichmäfsig ändert, keinen Einflufs auf das Resultat hat, so wird auch die Federkraft des Fadens unschädlich, falls man die Überzeugung erlangen kann, dafs sie für beide Pendelfäden, oder vielmehr für die Theile derselben, welche sich in der Nähe des Abwickelungs-Cylinders und in Berührung mit demselben befinden, genau gleich ist, und falls man beide Pendel in gleichen Schwingungswinkeln beobachtet. Die erste dieser Bedingungen ist durch die Einrichtung des oberen Theils der Pendel, welcher für beide derselbe bleibt und daher die Gleichheit der Federkraft vollkommen verbürgt, erfüllt worden; die andere ist dadurch erfüllt, dafs die Versuche mit beiden Pendeln bei gleichen Winkeln gemacht sind.

Die Veränderung der Bewegung, welche aus der Federkraft entsteht, habe ich (Beilage II.) durch Rechnung verfolgt, vorzüglich um kennen zu lernen, welchen Einflufs die Schwingungswinkel darauf haben; denn wenn

ein solcher Einfluſs merklich ist, und man darauf ausgeht, alle bei einem Versuche beobachteten Coincidenzen des Pendels und der Uhr, durch eine und dieselbe Formel möglichst nahe darzustellen, wie es geschehen muſs wenn man den gröſsten Vortheil aus den Beobachtungen ziehen will, so wird auch der Einfluſs der Federkraft in der Reductionsformel auf unendlich kleine Winkel nicht fehlen dürfen. Ich habe gefunden, daſs, wenn die Tiefe der als ein Punkt betrachteten Kugel unter der Axe des Abwickelungs-Cylinders, im Zustande der Ruhe, durch ϱ bezeichnet wird, das Pendel in derselben Zeit schwingt, in welcher ein einfaches schwingen würde, dessen Länge

$$= \varrho + 11\left(1 - \sqrt{\left(1 - \frac{\mu}{4aa}\right)}\right)\sqrt{\mu} \,.\, \mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}u'^2$$

ist. In dieser Formel bedeutet μ die elastische Kraft des Fadens, die Kraft welche den Faden spannt als Einheit angenommen, a den Halbmesser des Abwickelungs-Cylinders und u' den Schwingungswinkel. Sie setzt einen wenig steifen Faden voraus, so daſs derselbe auf einem Bogen des Abwickelungs-Cylinders ganz aufliegt; wird er steifer angenommen, so daſs er den Cylinder nur in einem Punkte berührt, so wird diese Formel

$$= \varrho + \frac{a}{2}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2} - \frac{\sqrt{\mu}}{2}\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4} + \left\{\frac{3}{16}\,a\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2} + \sqrt{\mu}\left(11 - \frac{735}{64}\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right)\right\}\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}u'^2$$

wo ω' den Winkel bezeichnet, welchen der Theil des Fadens über dem Abwickelungs-Cylinder, mit der Lothlinie macht; bei meinem Apparate ist ω' etwa $= 19^\circ$. Es ist noch ein dritter Fall möglich, nämlich wo die beiden vorigen, während der Schwingung, incinander übergehen; ich habe aber die Rechnung nicht auf ihn ausgedehnt.

Das Messingblättchen welches ich angewandt habe, hat so wenig Federkraft, daſs bei meinen Versuchen der erste Fall statt findet, und sogar eine Krümmung desselben, da wo es den Abwickelungs-Cylinder verläſst, nicht auffallend ist. Es war meine Absicht, aus der Vergleichung der bei gröſseren und kleineren Schwingungswinkeln beobachteten Coincidenzen, μ abzuleiten, und es dann bei der Reduction zu berücksichtigen, so wie auch die aus der Dehnbarkeit des Fadens hervorgehende, von den Herren Paoli und Poisson untersuchte, gleichfalls dem Quadrate des Schwin-

gungswinkels proportionale Änderung. Allein theils stimmen meine Beobachtungen, ohne Berücksichtigung dieser Verbesserungen, so nahe mit der gewöhnlichen Reductionsformel überein, dafs das etwa daran fehlende sich fast ganz unter den zufälligen Fehlern versteckt hat, und daher die Übereinstimmung der einzelnen Coincidenzen einer Beobachtungsreihe, durch seine Berücksichtigung nicht merklich vermehrt wird; theils hat sich später gefunden, dafs auch die Luft in welcher das Pendel sich bewegt, auf die Reductionsformel einen Einfluſs haben kann, so dafs beide Ursachen vermischt erscheinen und daher der Einfluſs, welchen die Beobachtungen etwa verrathen mögten, nicht einer allein zugeschrieben werden darf. Die nahe Übereinstimmung der Beobachtungen mit der, alles dieses nicht berücksichtigenden Reductionsformel, zeigt übrigens, dafs die Gleichheit der Schwingungswinkel beider Pendel, nicht gar zu ängstlich gefordert werden darf.

Trotz dem Resultate der Rechnung in der II^ten^ Beilage, darf diese Aufhängungsart des Pendels, in einem Falle nicht angewandt werden, wo es auf die absolute Länge desselben ankömmt. Denn theils berücksichtigt die Rechnung die Dicke des Fadens nicht, theils mögte es schwer sein, die Überzeugung zu erlangen, dafs nicht zwischen dem Cylinder und dem Faden (Messingblättchen) eine kleine Anziehung stattfindet. Allein auf den Unterschied zweier Pendellängen hat alles dieses keinen Einfluſs, und daher wählte ich diese Aufhängungsart als die einfachste. Später wurde eine Änderung am Aufhängungsrahmen angebracht, so dafs auch mit anderen Aufhängungsarten Versuche gemacht werden konnten; hierauf werde ich unten zurückkommen.

5.

Die Beobachtungsart der Schwingungszeit eines Pendels durch Coincidenzen, welche, so viel ich weifs, Borda erfunden hat, ist jeder anderen so weit vorzuziehen, dafs es sich von selbst versteht, dafs ich sie angewandt habe; doch werde ich die Art wie dieses geschehen ist auseinandersetzen müssen.

Es war dabei die Absicht, jeden gegenseitigen Einfluſs der Bewegungen des Pendels der Uhr und des Pendels am Apparate, zu vermeiden, wie dieses auch schon Herr Carlini gethan hat. Dieses erlangte ich dadurch, dafs ich die Uhr nicht nahe vor oder hinter dem Apparate aufstellte, sondern in einer Entfernung von 8 Fufs 6, 65 Zoll vor dem schwingenden Pendel;

zwischen beide wurde ein Kometensucher von Fraunhofer von 24,36 Zoll Brennweite, aus welchem die Oculare herausgenommen waren, gestellt; das Objectiv desselben war 39,77 Zoll vom Pendel am Apparate und 62,88 Zoll von dem der Uhr entfernt, so dafs das Bild des ersteren genau auf das Uhrpendel fiel, und beide durch ein etwa 15 Fufs entferntes, 30zölliges Fernrohr von Fraunhofer, völlig deutlich erschienen.

An der Scale des Pendelapparats (w) ist ein schwarzer Streifen, in horizontaler Richtung befestigt, in dessen Mitte eine 0,5 Lin. breite Stelle weifs gelassen ist, diese wird, wenn das Pendel in Ruhe ist, von dem Faden desselben genau bissectirt, und, wenn dem im vorigen Art. erwähnten Coincidenz-Cylinder die gehörige Stelle auf dem Faden gegeben wird, von diesem völlig verdeckt. An dem untersten Ende des Uhrpendels dagegen befindet sich ein geschwärztes Stück Papier, in welches ein etwa 0,3 Lin. breites Loch eingeschnitten ist, welches, wenn das Uhrpendel in Ruhe ist, mit dem Bilde der weifsen Stelle auf dem schwarzen Streifen, genau zusammenfällt. Es geht hieraus hervor, dafs, im Zustande der Ruhe beider Pendel, durch das Fernrohr gesehen, der Coincidenz-Cylinder, durch das Loch am Uhrpendel sichtbar wird, dafs er aber die weifs gelassene Stelle auf dem schwarzen Streifen verdeckt, so dafs diese nicht gesehen wird, und alles schwarz erscheint, da auch der Coincidenz-Cylinder geschwärzt ist. Im Zustande der Bewegung beider Pendel aber, wird die weifs gelassene Stelle bei jedem Schlage der Uhr sichtbar, aufser wenn beide Pendel in demselben Momente vorübergehen und daher der Coincidenz-Cylinder sie verdeckt. Die Breiten der weifsen Stelle am Apparate und des Lochs am Uhrpendel, sind so gewählt, dafs auch am Anfange der Versuche, wenn die Geschwindigkeit am gröfsten ist, die erstere ganz unsichtbar wird; es sind daher immer die Zeiten der Verschwindung und Wiedererscheinung des Weifsen beobachtet, die eine bei der Bewegung des Pendels von der Rechten zur Linken, die andere bei der entgegengesetzten; das Mittel aus beiden, welches das bei den Versuchen mit dem kurzen Pendel angegebene Moment ist, fällt daher nie auf eine ganze, sondern immer auf eine halbe Secunde der Uhr. Die Deutlichkeit womit das, durch das Objectivglas des Kometensuchers gemachte Bild und das Pendel der Uhr, durch das Fernrohr gesehen werden, erlaubt, die Coincidenzen auch bei kleinen Schwingungen etwa eben so genau zu beobachten, wie bei gröfseren.

Die Schwingungszeit des langen Pendels könnte auf dieselbe Art beobachtet werden wie die des kurzen, wenn man eine Uhr besäfse, deren Schläge nahe dieselbe Dauer hätten; allein das Pendel derselben, auf gewöhnliche Art eingerichtet, müfste etwa 10 Fufs lang sein, was Unbequemlichkeiten und Schwierigkeiten herbeiführen würde. Ich versuchte daher, die Uhr mit einem Pendel von einer neuen Construction zu versehen, welches nicht länger ist als ein gewöhnliches Uhrpendel: es ist dasselbe aus einer Eisenstange und einer Messingstange zusammengesetzt, deren erstere sich über dem Aufhängepunkte, die andere darunter, befindet; beiden sind solche Dimensionen und Massen gegeben, dafs das Pendel nicht nur in der erforderlichen Zeit (1″, 72) schwingt, sondern auch die Einwirkungen der Wärme und Kälte compensirt. Allein ich war gezwungen, diesen Versuch aufzugeben, indem der Gang der Uhr zu unregelmäfsig wurde, was ich, wenigstens zum Theil, den Änderungen der Wärmeverschiedenheit oben und unten am Pendel, gegen welche diese Constructionsart sehr empfindlich ist, zuschreibe. Indessen ist dieses oder ein ähnliches Hülfsmittel nicht eigentlich nothwendig, denn die Bestimmtheit und Deutlichkeit womit die Coincidenzen, bei der beschriebenen Beobachtungsart sich zeigen, ist hinreichend zur Beobachtung nicht allein derjenigen, welche, im Falle der nahen Gleichheit der Schwingungszeiten, durch almählige Annäherung der Durchgangszeiten beider Pendel durch die Lothlinie entstehen, sondern auch derjenigen, welche sich, im Falle beide Pendel ganz verschiedene Bewegungen haben, zutragen ohne vorher erwartet zu sein. Auf diese Art wurden die Coincidenzen beider Pendel an einer und derselben Uhr beobachtet.

Man bemerkt indessen leicht einen wesentlichen Unterschied zwischen beiden Methoden: bei der ersteren beobachtet man beide Grenzen der Verdeckung des Weifsen und setzt die wahre Coincidenz in die Mitte derselben; bei der anderen nimmt man jeden, innerhalb dieser Grenzen gelegenen Punkt für die Mitte an. Es ist daher klar, dafs die erste Beobachtungsart jede einzelne Coincidenz genauer giebt als die zweite; allein, wenn man bei der letzteren mehre aufeinanderfolgende Coincidenzen beobachtet, und aus allen das Mittel nimmt, so ist im Allgemeinen zu erwarten, dafs ein Theil davon vor dem wahren Coincidenzmomente ist, der andere Theil nach demselben; es wird dabei vortheilhaft sein wenn man vermeidet, dafs das Verhältnifs der Schwingungszeiten beider Pendel sich durch kleine Zahlen,

mit grofser Annäherung ausdrücken läfst. Findet aber dieses statt, so würde man die Beobachtungen auf eine ganz ähnliche Weise machen können, wie in dem Falle wo die Schwingungszeiten beider Pendel nahe gleich sind; man hat nur die Periode in welcher die Gleichheit der Schläge wieder eintritt, statt der einzelnen Schläge in jenem Falle, zu nehmen.

Bei dem langen Pendel, welches in etwa 1″,725 Uhrzeit eine Schwingung macht, habe ich die Regel befolgt, zuerst alle innerhalb 5 oder 6 Minuten vorfallenden Coincidenzen zu beobachten; dann etwa 14′ 22″ nach der ersten (in welcher Zeit das Pendel 500 Schwingungen vollendet), eine zweite Reihe, gleichfalls 5 oder 6 Minuten lang zu observiren, und so fort bis das Pendel über 4000 Schwingungen gemacht hatte. Es ist dabei eben so wenig nöthig, wie bei der ersten Methode, die Schwingungen zu zählen; denn die kleineren Zwischenzeiten in welchen Coincidenzen erfolgen, reichen hin, ihre Dauer mit so grofser Annäherung zu geben, dafs über die Anzahl der entfernteren nie ein Zweifel bleiben kann. — Man findet sowohl jedes einzelne Moment, als die daraus abgeleiteten Mittel, in den dieser Abhandlung beigelegten Original-Beobachtungen angegeben, und zugleich findet man daselbst diejenigen Fehler dieser Mittel, welche man annehmen mufs, damit die Summe ihrer Quadrate ein Minimum werde. Da die ähnliche Fehlerangabe auch bei den mit dem kurzen Pendel, also nach der ersten Methode, gemachten Versuchen vorkömmt, so ist es leicht, die Genauigkeit beider Methoden miteinander zu vergleichen. Ich habe dazu die erste Reihe von Beobachtungen benutzt, welche 32 Versuche mit dem langen Pendel, jeder von 9 Momenten, und 16 Versuche mit dem kurzen Pendel, jeder von 11 Momenten, enthält. Die Summen der Quadrate der Fehler, diese in Zehntausendtheilen der Secunden der Uhr ausgedrückt, finden sich für beide

$$= 416779 \text{ und } 60676;$$

man erhält den mittleren Fehler eines der angegebenen Momente, wenn man diese Summen resp. mit 7, 32 und 9, 16 dividirt und aus den Quotienten die Quadratwurzel auszieht

$$= 0'',00431 \text{ und } 0'',00205$$

oder in Theilen einer Schwingung der beiden Pendel ausgedrückt

$$= 0,00250 \text{ und } 0,00205.$$

Hieraus geht hervor, dafs die Beobachtungen des kurzen Pendels genauer sind als die des langen; allein auch, dafs die Fehler dieser letzteren noch so klein sind, dafs die mit demselben gemachten Versuche sehr genaue Resultate verheifsen.

6.

Die Uhr auf welche die Beobachtungen der Pendelschwingungen sich beziehen, ist die von Herrn Repsold verfertigte Hauptuhr der Sternwarte, deren vortrefflicher Gang sich schon viele Jahre hindurch bewährt hat, wie die Tagebücher der Sternwarte zeigen. Jedoch würde es unpassend gewesen sein, sie ihrer Bestimmung zu den Beobachtungen der Culminationen der Gestirne zu entziehen und sie vor dem Pendelapparate aufzustellen. Daher wurde diese Uhr nicht unmittelbar, sondern mittelbar angewandt, indem die vor dem Pendelapparate aufgestellte, fortwährend mit ihr verglichen wurde.

Der Verfertiger der Uhr, an welcher die Coincidenzen unmittelbar beobachtet wurden, ist mir unbekannt; sie ist ein Eigenthum des Herrn Repsold, welcher die Güte hatte, sie mir zu diesen Versuchen zu leihen. Sie ist an einem pyramidalischen Gestelle von Holz, mit hinreichender Festigkeit aufgestellt; sie ist mit dem Fufsboden in keiner Verbindung, indem die Füfse ihres Gestells auf Pfählen ruhen, welche durch denselben hindurch in das Erdreich eingetrieben sind. Das Pendel dieser Uhr habe ich so geschraubt, dafs sie in etwa einer Stunde eine Secunde hinter der Sternzeit zurückbleibt, wodurch also in ohngefähr so langen Zwischenzeiten, die Schläge derselben mit denen der Hauptuhr zusammentreffen. Da die Uhr so gestellt ist, dafs man sie, wenn man die Thür zwischen dem nördlichen und dem Meridianzimmer der Sternwarte öffnet, zugleich mit der Repsoldschen Uhr hören kann, so erlangt man durch die Coincidenzen der Schläge beider Uhren, eine genaue Vergleichung derselben, welche selten bis auf 0″, 02 zweifelhaft bleibt. Auf diese Weise wurde die Uhr vor dem Pendelapparate, welche ich, in der Angabe der Beobachtungen, stets durch P bezeichnen werde, einige Stunden vor und nach den Versuchen, mit der Repsoldschen Uhr (R) verglichen, und daraus die Zwischenzeit der Coincidenzen, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet; diese Zwischenzeit, verbunden mit dem aus den astronomischen Beobach-

tungen gefolgerten Gange der Uhr R, ergab den Werth eines Pendelschlages von P, in mittlerer Zeit ausgedrückt.

Da indessen Stand und Gang einer Uhr unbekannte Functionen der Zeit sind, und die Anwendung von Beobachtungen zur Bestimmung unbekannter Gröfsen nur dann von jeder Willkür frei ist, wenn die mathematische Form der beobachteten Quantitäten gegeben ist, so wird es nothwendig, dafs ich die Art näher angebe, wie ich aus den Vergleichungen der Uhren unter einander und mit den astronomischen Beobachtungen, den Werth eines Pendelschlages von P abgeleitet habe.

Wenn man die Zeit der Uhr R, welche zu einer der Coincidenzen mit der Uhr P gehört, durch t bezeichnet, die Zeiten der a^{ten}, b^{ten},.... vor oder nach ihr durch $t^{(a)}$, $t^{(b)}$,...., und wenn man den Unterschied der von beiden Uhren angegebenen Zeit nicht als gleichförmig sich verändernd annimmt, sondern von der Reihe

$$A + B(t^{(n)} - t) + C(t^{(n)} - t)^2 + \ldots\ldots$$

welche ihn allgemein ausdrückt, das in die 3te Potenz der Zeit multiplicirte Glied und die höheren vernachläfsigt, so erhält die Zeit einer der beobachteten Coincidenzen den Ausdruck

$$t^{(n)} = i + kn + l \,.\, nn$$

und die Beobachtung derselben giebt die Gleichung:

$$o = -t^{(n)} + i + kn + l \,.\, nn.$$

Löset man alle durch die Beobachtungen gegebenen Gleichungen dieser Art nach der Methode der kleinsten Quadrate auf, so dafs man l unbestimmt läfst, so findet man

$$k + l\left\{\frac{m(n^3) - (n)(nn)}{m(nn) - (n)^2}\right\} = \frac{m(nt) - (n)(t)}{m(nn) - (n)^2}$$

wo (n), (nn), (n^3).... die Summen

$$\begin{aligned}(n) &= a + b + c + \ldots\\ (nn) &= aa + bb + cc + \ldots\\ (nt) &= at^{(a)} + bt^{(b)} + ct^{(c)} + \ldots\end{aligned}$$

u. s. w.

bezeichnen, m aber die Anzahl der Beobachtungen ist. Man hat aber die Zwischenzeit zweier Coincidenzen, deren Mitte auf die Zeit $t+k\tau$ fällt,

$$= k + 2l\tau.$$

woraus hervorgeht, dafs

$$\tau = \frac{1}{2}\left\{\frac{m(n)^3-(n)(nn)}{m(nn)-(n)^2}\right\}$$

angenommen werden mufs, damit l unbestimmt bleibe. Hat man daher aus den durch die Beobachtungen gegebenen Gleichungen k abgeleitet, ohne l, oder die Ungleichförmigkeit des Ganges zu berücksichtigen, so gilt diese Bestimmung der Zwischenzeit zweier Coincidenzen für die Zeit,

$$t + \frac{k}{2}\left\{\frac{m(n^3)-(n)(nn)}{m(nn)-(n)^2}\right\}$$

Auf diese Art habe ich nicht nur den Werth von k welcher aus den gemachten Vergleichungen der Uhren folgt, sondern auch die Zeit für welche er gültig ist, berechnet, und in den Original-Beobachtungen angeführt. Fällt diese Zeit mit der Mitte des Versuchs bis auf wenige Minuten zusammen, wie es meistens der Fall ist, indem die Beobachtungen danach eingerichtet wurden, so habe ich sie ungeändert zur Bestimmung des relativen Ganges beider Uhren angewandt; ist sie aber stärker verschieden, so habe ich eine zweite Bestimmung von k, für eine andere Zeit zu erhalten gesucht, und aus beiden, unter Annahme einer der Zeit proportionalen Änderung, den Werth von k für die Mitte des Versuchs gefolgert.

Den täglichen Gang der Uhr R gegen Sternenzeit habe ich, durch die, gleichfalls bei den Original-Beobachtungen angeführten, aus den Tagebüchern der Sternwarte ausgezogenen Correctionen derselben, abgeleitet, und dabei den aus zwei aufeinanderfolgenden Bestimmungen hervorgehenden Werth desselben, für die Mitte der Zeit gültig angenommen; die verschiedenen Bestimmungen dieser Art sind, ebenfalls unter der Annahme der Zeit proportionaler Änderungen, auf die Mitten der einzelnen Versuche reducirt.

Bezeichnet man die so bestimmte tägliche Änderung der Correction der Uhr R durch s, so erhält man den in mittlerer Zeit ausgedrückten Werth eines Pendelschlages von P, aus der Formel:

$$\frac{365,2422577}{366,2422577} \cdot \frac{86400}{86400-s} \cdot \frac{k}{k-1}$$
$$= \{0,997269567 + s \,.\, 0,000011543\} \frac{k}{k-1}$$

Die Beilage III. enthält eine, nach dieser Formel berechnete Tafel.

7.

Die Temperatur des Pendelapparats wird durch drei Thermometer e', e'', e''' bestimmt, deren Kugeln folgende Höhen über dem Boden des Gehäuses haben:

$$e' = 196 \text{ Lin.}; \quad e'' = 584 \text{ Lin.}; \quad e''' = 1292 \text{ Lin.}$$

Die Kugeln dieser Thermometer sind in das Eisen der grofsen Stange eingelassen und mit Deckeln von demselben Metalle verdeckt, so dafs angenommen werden kann, dafs sie die wahre Temperatur derselben, und auch der Toise, welche mit der Stange eine gleiche Dicke hat, zeigen. Sie sind von Herrn Fortin in Paris verfertigt und mir von Herrn Professor Schumacher gütigst überlassen. Sie haben die hunderttheilige Scale, wurden aber wiederholt von dem Apparate abgenommen und mit zwei Thermometern verglichen, welche ich, nach der in der VII^ten Abtheilung meiner Beobachtungen gegebenen Methode berichtigt hatte. Hieraus ging die Verbesserungstafel für die unmittelbaren Angaben dieser Thermometer hervor, welche ich in der IV^ten Beilage mittheile. Die bei den Versuchen angeführten Temperaturen sind die schon berichtigten.

Da die Temperatur in der Sternwarte und in dem Gehäuse für den Apparat, in verschiedenen Höhen oft sehr ungleich war, vorzüglich bei grofser Wärme, und durch keines der von mir versuchten Mittel gleich gemacht werden konnte, so wird es nöthig, die Temperatur der Theile des Apparats welche nicht gleich hoch mit den Thermometern sind, aus den Angaben zweier derselben, der Höhe proportional zu bestimmen. Ich habe daher die Temperatur für die Höhe h, wenn diese gröfser ist als die Höhe des Thermometers e'',

$$= \frac{1292-h}{708} e'' + \frac{h-584}{708} e'''$$

angenommen; wenn sie kleiner ist

$$= \frac{594 - h}{388} e' + \frac{h - 196}{388} \cdot e''.$$

Hieraus folgt, wie aus der IV^ten Beilage hervorgeht, die mittlere Temperatur der Toise

$$\tau = 0,4095 \cdot e'' + 0,5905 \cdot e''';$$

und unter der Annahme dafs sie 0,0008 Lin. kürzer ist als die *Toise du Pérou*, und dafs das Eisen sich, für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers, Bordas Angabe zufolge, um 0,0000114 seiner Länge ausdehnt, ihre jedesmahlige Länge

$$= 863,^{L}9992 \cdot \frac{1 + \tau \cdot 0,0000114}{1 + 16,25 \cdot 0,0000114}$$

$$= 863,^{L}839174 + \tau \cdot 0,^{L}00984777$$

Ferner erhält man die Temperatur welche zur Berechnung der um den Halbmesser der Pendelkugel verminderten Entfernung des Fühlhebels von dem Aufhängepunkte des kurzen Pendels angewandt werden mufs,

$$\tau' = 0,6494 \cdot e' + 0,3506 \cdot e''$$

und diese Entfernung selbst, die für $\tau' = 0$ stattfindende durch F bezeichnet.

$$= F + \tau' \cdot 0,^{L}0054132,$$

wobei zu bemerken ist, dafs eine etwanige Unsicherheit des Coefficienten von τ', keinen erheblichen Einflufs auf das Resultat der Versuche haben kann, indem es sich ohnehin von selbst versteht, dafs man die zusammengehörigen Beobachtungen beider Pendel in nicht sehr verschiedenen Temperaturen macht.

Die Temperatur der Luft im Gehäuse des Apparats, ist durch die Thermometer l' und l'' (oder l''') beobachtet, uud in den Originalbeobachtungen in wahren Centesimalgraden angeführt. Die Angabe des mit der Pendelkugel in gleicher Höhe befindlichen Thermometers l' dient zur Berechnung der Reduction auf den leeren Raum. Allein von der halben Summe der Temperaturen an beiden Enden des Fadens, hängt auch die Länge desselben ab; wenn nämlich zur Zeit der Messungen der Höhe der Kugel, welche immer am Anfange und am Ende eines Versuchs gemacht sind, die mittlere Temperatur der Luft durch L bezeichnet wird, zur Zeit

einer Schwingung des Pendels durch L', so ist die Länge des schwingenden Pendels zu der gemessenen im Verhältnisse

$$1 + L' . 0,000011898 : 1 + L . 0,000011898$$

wo die Ausdehnung des Stahlfadens nach Herrn Troughtons Angabe genommen ist. Die Schwingungszeit welche das Pendel gehabt haben würde, wenn es die aus den Messungen folgende Länge unverändert beibehalten hätte, mufs daher, sehr nahe, mit

$$1 + (L' - L)\ 0,000005949$$

multiplicirt werden um die wirkliche Schwingungszeit zu ergeben.

8.

Die Mikrometerschraube durch welche die Höhenunterschiede der Kugel, in zusammengehörigen Versuchen, gemessen werden, erhebt oder erniedrigt, wie ich schon in der Beschreibung des Apparats angeführt habe, den Cylinder von Stahl, auf welchem der Fühlhebel befestigt ist. Dieser Cylinder läfst sich um seine Axe drehen, so dafs man messen kann, sowohl wenn der Fühlhebel nach der rechten Seite, als auch wenn er nach der linken gewandt ist; das erstere ist der in der Zeichnung dargestellte Fall. Durch diese Einrichtung hat Herr Repsold einen doppelten Zweck erreicht. Es ist nämlich klar, dafs die polirte Stahlebene am Fühlhebel, welche mit der Kugel in Berührung gebracht wird, nicht genau horizontal gemacht werden kann, weil sie sich um die Axe des Fühlhebels drehen mufs; daher mufs ein Fehler entstehen, wenn beide Pendel, zwischen welchen der Höhenunterschied gemessen werden soll, nicht genau auf denselben Punkt der Ebene treffen; dieser verschwindet aber gänzlich, wenn man die Messung mit dem umgewandten Fühlhebel wiederholt, und es war daher unnöthig eine Vorrichtung anzubringen, wodurch man sich überzeugen könnte, dafs beide Pendel genau in derselben Lothlinie hängen. Ferner kann man dadurch, dafs man eine Wasserwage auf das Gehäuse des Fühlhebels setzt, und den Cylinder dann um seine Axe dreht, prüfen ob er genau lothrecht steht; ich habe ihn auf diese Art vollkommen scharf berichtigen können.

Die Mikrometerschraube welche den Fühlhebel erhöhet und erniedrigt, zeigt auf einer Scale die ganzen Drehungen und auf ihrer Trommel

die Hunderttheile derselben. Den Werth ihrer Revolutionen habe ich nicht durch directe Messung, sondern durch die Schwingungen des kurzen Pendels bestimmt. Zu diesem Zwecke wurden acht Versuche gemacht, zwischen welchen ich die Länge des Pendels, durch Drehung der Schraube am Aufhängungsrahmen, veränderte. Die gefundenen und gehörig reducirten Schwingungszeiten gaben, unter Annahme der Länge des einfachen Secundenpendels = 440,^{L}81, folgende Werthe von F, d. i. der bei der Temperatur = 0 stattfindenden Entfernung des Aufhängepunkts, von dem einen Halbmesser der Kugel über dem Fühlhebel liegenden Punkte, wenn die Mikrometerschraube den Ort einnimmt, welcher dem Anfangspunkte ihrer Scale entspricht:

	Werthe von F
1ter Versuch.....	441,^{L}1619 + 15, 051. p
2ter ——.....	441, 8469 + 7, 424. p
3ter ——.....	442, 4982 + 0, 197. p
4ter ——.....	442, 4966 + 0, 209. p
5ter ——.....	441, 8402 + 7, 493. p
6ter ——.....	441, 1527 + 15, 141. p
7ter ——.....	440, 4219 + 23, 211. p
8ter ——.....	440, 4254 + 23, 156. p

Hier bedeutet p den Werth einer Drehung der Schraube, welche sich aus diesen Bestimmungen = 0,^{L}0902 ergiebt. Die übrig bleibenden Fehler sind dann:

+ 0,^{L}0031
— 0, 0004
— 0, 0004
— 0, 0009
— 0, 0003
+ 0, 0020
— 0, 0009
— 0, 0023

Obgleich man noch bedeutend gröfsere Höhenunterschiede mit der Mikrometerschraube messen kann, so sind die bei diesen Versuchen vorkommenden doch völlig hinreichend zur Bestimmung von p, indem, bei den zusammengehörigen Versuchen mit beiden Pendeln, immer nur sehr kleine

Höhenunterschiede, von wenigen Hunderttheilen einer Linie vorkommen. Wegen dieses geringen Einflusses von p, wird auch das Resultat dieser Abhandlung nicht merklich an Authenticität verlieren, indem ich die Original-Beobachtungen der angeführten acht Versuche nicht bekannt mache.

9.

Wenn man die Mikrometerschraube so weit aufwärts dreht, dafs der lange Arm des Fühlhebels bis zu seinem Zeichen am Gehäuse steigt, so wirkt das Übergewicht des Fühlhebels dem Gewichte der Kugel entgegen und vermindert dadurch die Spannkraft, und auch die Länge des elastischen Fadens. Ein Übergewicht des Fühlhebels ist aber nothwendig, indem er ohne dieses nicht sicher gegen die Kugel drücken würde; man kann dasselbe verkleinern oder vergröfsern, durch ein Gegengewicht welches sich verschieben läfst. Ich habe dieses Gegengewicht so gestellt, dafs die Stahlplatte des Fühlhebels in Gleichgewicht gesetzt wurde, wenn man ihren Mittelpunkt mit einem Gewichte von 32, 84 Gran belastete. Ein gleiches Gewicht drückt also der Kugel, während die Pendellänge gemessen wird, entgegen. Um die daraus entstehende Verkürzung des Fadens kennen zu lernen, habe ich die Kugel mit verschiedenen Gewichten belastet und die dadurch entstandenen Verlängerungen mit der Mikrometerschraube gemessen. Da kleinere und gröfsere Gewichte immer übereinstimmten, so führe ich hier nur das Resultat des gröfsten von allen an; dieses wog 678, 5 Gran, und verlängerte das lange Pendel mit der Kugel von Messing um $0,968\,p$, das kurze um $0,311\,p$, oder jenes um $0,^L0873$, dieses um $0,^L0281$. Hieraus folgt, die Verkürzung welche der Gegendruck des Fühlhebels verursacht, und um welche die unmittelbar gemessenen Längen vergröfsert werden müssen,

$$= 0,^L0042 \text{ und } 0,^L0014.$$

Für das Pendel mit der leichteren Elfenbeinkugel, welches einen schwächeren Faden hatte, fand ich auf dieselbe Art,

$$0,^L0082 \text{ und } 0,^L0026.$$

Indessen folgt aus der Elasticität des Fadens noch eine andere Erscheinung, welche ich, obgleich sie keinen Einfluſs auf die Resultate hat,

doch nicht unerwähnt lassen darf. Wenn man nämlich den Fühlhebel, sowohl durch Vorwärts als Rückwärtsdrehen der Mikrometerschraube einstellt, so zeigt sich jedesmahl im ersten Falle eine kleinere Pendellänge als im zweiten; der Unterschied beträgt, nach einem Mittel aus allen Versuchen, für das lange Pendel mit der Messingkugel $0,045\,p$, und für das kurze $0,020\,p$, oder $0,^{L}0041$, und $0,^{L}0018$. Aus der Ungleichheit dieser Zahlen geht hervor, dafs er nicht die Folge eines todten Ganges der Schraube sein kann, welcher nach Herrn Repsolds Versicherung, bei so feinen mit gehöriger Vollkommenheit gearbeiteten Schrauben, auch unmerklich ist. Seine Ursache ist vielmehr die Reibung welche der Fühlhebel in seinen Axen erleidet (deren er zwei hat, indem er aus zwei Hebeln zusammengesetzt ist; wovon der erste den zweiten bewegt); nimmt man an, dafs man ein Gewicht m auf die Stahlplatte am kurzen Arme des Fühlhebels legen müfste, um die Reibung zu überwinden, so ist die Kraft welche er gegen die Kugel äufsert, beim Aufwärtsschrauben $= 32,84 + m$, beim Abwärtsschrauben $= 32,84 - m$, also die Verkürzung des Pendels diesen Kräften proportional, und das Pendel beim Aufwärtsschrauben wirklich kürzer als beim Abwärtsschrauben. Aus der angeführten Gröfse der Unterschiede geht hervor, dafs m nahe die Hälfte des Übergewichts von 32, 84 Gran betragen mufs; in der That erlangt der Fühlhebel, wenn man ihn mit einem Gewichte von dieser Schwere belastet, noch kein freies Spiel. Diese Erklärung des Unterschiedes stimmt mit der Verschiedenheit seiner an beiden Pendeln beobachteten Gröfse so nahe überein, dafs das Wenige was daran fehlt, wohl den Beobachtungsfehlern, oder kleinen zufälligen Änderungen in der Gröfse der Reibung zugeschrieben werden kann, also nicht zu der Annahme eines todten Ganges der Schraube nöthigt. — Die wahre Pendellänge ist das Mittel aus zwei Messungen beim Auf- und Abwärtsschrauben, sowohl wenn der Unterschied von der angegebenen Ursache allein herrühret, als auch wenn ein kleiner todter Gang der Schraube dabei mitwirkt.

10.

Ich habe oben schon gesagt, dafs ich die Vergleichung der Toise mit der *Toise du Pérou* der Güte der Herren Arago und Zahrtmann verdanke. Ein darüber, von diesen Herren angefertigtes Certificat, welches

ich in der V^ten Beilage mittheile, giebt an, dafs die Länge um eine sehr kleine Quantität, nämlich 0,''0008 kürzer ist als das Original der Toise.

Die Toise ist 19 Lin. breit und 4,2 dick, und mit Sorgfalt gearbeitet. Ihr Gebrauch bei den Pendelversuchen setzt voraus, dafs die Entfernung der Endflächen, in der Axe der Stange gemessen, die wahre Länge ist; denn die Kugel am Abwickelungs-Cylinder liegt immer auf dieser Mitte, und mit der Mitte steht die Toise auf der horizontalen Ebene am Cylinder (*i*). Da ich aber nicht weifs, ob die Vergleichung mit der *Toise du Pérou* sich gleichfalls auf die Mitte bezieht, so habe ich für nöthig gehalten, zu untersuchen, ob die beiden Endflächen senkrecht auf der Axe der Toise stehen. Dieses hat sich wirklich so gezeigt, durch eine Prüfungsart welche über ein Tausendtheil einer Linie keinen Zweifel läfst. Das Mittel was ich zu dieser Untersuchung der Toise angewandt habe, bot der Pendelapparat selbst dar. Es kommt nämlich nur darauf an, die Berührungspunkte der Kugel am Abwickelungs-Cylinder und der Toise, durch Verschiebung des Aufhängungsrahmen, zu verändern, und durch die Mikrometerschraube zu prüfen, ob die Kugel des angehängten Pendels immer eine gleiche Höhe behält, oder ob diese sich durch das Verschieben verändert. Um die der Ausführung dieser Prüfung im Wege stehende Schwierigkeit zu beseitigen, welche darin liegt, dafs die Kugel am Abwickelungs-Cylinder nicht weit über die Mitte der Toise hinaus, zurück geschoben werden kann, indem die grofse eiserne Stange dieses verhindert, ersuchte ich Herrn Repsold, einen Abwickelungs-Cylinder zu verfertigen, welcher statt der Kugel eine abgerundete Spitze hat, so dafs sein Berührungspunkt mit der Toise weiter rückwärts liegt. Fig. 4. Taf. II. ist derselbe dargestellt.

Mittelst dieser Einrichtung habe ich fünf Punkte auf jeder Endfläche der Toise untersucht, nämlich den Mittelpunkt und die 0,8 Lin. und 1,6 Lin. nach beiden Seiten von ihm entfernten Punkte. Um die Art wie dieses geschah deutlich angeben zu können, werde ich die beiden Punkte, welche zwischen dem Mittelpunkte und derjenigen Seite der Toise liegen, auf welcher die Aufschrift und ein eingetheilter halber Fufs befindlich sind, durch ihre positiv genommenen Entfernungen von der Axe, also durch $+0,8$ und $+1,6$; die nach der entgegengesetzten Seite liegenden durch $-0,8$ und $-1,6$ bezeichnen; die Endfläche welche sich an dem eingetheilten Ende der Toise befindet, werde ich die erste, die entgegengesetzte die zweite Fläche nennen.

Als die Toise so aufgestellt war, daſs die Eintheilung sich unten, und die Aufschrift vorn befand, zeigte die Mikrometerschraube (in entgegengesetzten Lagen des Fühlhebels im Mittel) indem die Spitze des Abwickelungs-Cylinders mit den verschiedenen Punkten der zweiten Fläche in Berührung gebracht wurde:

$$
\begin{array}{l}
+\ 1,6 \ldots\ldots 0,^{R}201 \\
+\ 0,8 \ldots\ldots 0,198 \\
\quad 0,0 \ldots\ldots 0,189 \\
-\ 0,8 \ldots\ldots 0,175 \\
-\ 1,6 \ldots\ldots 0,171
\end{array}
$$

Darauf wurde die Toise umgewandt: so daſs die Aufschrift hinten war; in diesem Zustande fanden sich, für dieselben Punkte, die Angaben des Mikrometers,

$$
\begin{array}{l}
+\ 1,6 \ldots\ldots 0,^{R}182 \\
+\ 0,8 \ldots\ldots 0,179 \\
\quad 0,0 \ldots\ldots 0,158 \\
-\ 0,8 \ldots\ldots 0,144 \\
-\ 1,6 \ldots\ldots 0,144
\end{array}
$$

Dann wurde sie umgekehrt, so daſs die Eintheilung oben und die Aufschrift vorn war, wodurch der Abwickelungs-Cylinder mit den Punkten der ersten Fläche in Berührung kam, für welche das Mikrometer angab:

$$
\begin{array}{l}
+\ 1,6 \ldots\ldots 0,^{R}353 \\
+\ 0,8 \ldots\ldots 0,345 \\
\quad 0,0 \ldots\ldots 0,336 \\
-\ 0,8 \ldots\ldots 0,333 \\
-\ 1,6 \ldots\ldots 0,330
\end{array}
$$

Endlich wurde sie umgewandt, so daſs die Aufschrift hinten war; das Mikrometer zeigte für

$$
\begin{array}{l}
+\ 1,6 \ldots\ldots 0,^{R}946 \\
+\ 0,8 \ldots\ldots 0,939 \\
\quad 0,0 \ldots\ldots 0,937 \\
-\ 0,8 \ldots\ldots 0,938 \\
-\ 1,6 \ldots\ldots 0,935.
\end{array}
$$

Durch das Umwenden der Toise wird ein Fehler im Parallelismus derselben mit dem Cylinder, welcher den Fühlhebel trägt, unschädlich, so wie dasselbe ihn in doppelter Gröfse zeigen mufs. Daher giebt das Mittel aus den beiden ersten Versuchen die wahre Bestimmung der Punkte auf der zweiten Fläche gegen die Axe, das Mittel aus den beiden letzten dasselbe für die erste Fläche. Man erhält also die Höhen über dem Mittelpunkte ($p = 0,''0902$):

	erste Fläche.	zweite Fläche.
+ 1, 6	+ 0,''0012	+ 0,''0016
+ 0, 8	+ 0, 0005	+ 0, 0014
— 0, 8	— 0, 0001	— 0, 0013
— 1, 6	— 0, 0004	— 0, 0014

So klein diese Abweichungen sind, darf man sie doch nicht als Fehler in der Construction der Toise annehmen; sie rühren, wenigstens zum Theil, von einer kleinen Krümmung her, welche die aufgestellte Toise zeigte. Es wurden nämlich die Entfernungen beider Enden und der Mitte der Toise, von dem vor ihr herabhängenden Pendelfaden gemessen und auf diese Weise gefunden, dafs die Seite der Aufschrift konvex, die entgegengesetzte concav war. Die Entfernung der Mitte von der geraden Linie durch beide Endpunkte, fand ich dadurch:

1ter Versuch	0, 18 Lin.
2ter ———	0, 14 —
3ter ———	0, 11 —
4ter ———	0, 05 —

in welchen Angaben aber einige Hunderttheile der Linie unsicher sein können. Diese Krümmung der Toise mufs Höhenunterschiede der verschiedenen Punkte der beiden Endflächen geben, welche in demselben Sinne sind wie die beobachteten. Nimmt man die Sagitte für die beiden ersten Versuche über die erste Fläche $= 0,''08$, für die über die zweite Fläche $= 0,''16$, und betrachtet man die Seitenflächen der Toise als concentrische Cylinderflächen, so werden die Endflächen, falls sie senkrecht auf den Seitenflächen stehen, verlängert, in der Axe des Cylinders zusammentreffen, und hieraus werden Höhenunterschiede der Punkte auf den Endflächen entstehen, welche

für die erste + 0,^{L}0006, + 0,^{L}0003, — 0,^{L}0003, — 0,^{L}0006, und für die zweite + 0,^{L}0012, + 0,^{L}0006, — 0,^{L}0006, — 0,^{L}0012 betragen, und mit dem Resultate der Versuche ziemlich nahe übereinstimmen. Man könnte eine noch gröfsere Übereinstimmung erlangen, wenn man, ohne die Sagitte zu ändern, eine andere Krümmung annähme. Allein die Versuche selbst sind nicht so sicher als man mit der Mikrometerschraube messen kann; denn da es nothwendig war, das Gehäuse des Apparats, bei dem Verschieben des Aufhängungsrahmens zu öffnen, so kann ein Einfluſs der Temperatur übrig geblieben sein, obgleich ich ihn, so viel als möglich, zu vermeiden suchte. Ich glaube daher nicht, daſs man aus diesen Versuchen etwas anderes folgern darf, als daſs der Parallelismus der Endflächen, wenn die Toise auf eine Ebene gelegt und dadurch vollkommen gerade geworden ist, nirgends einen 0,^{L}001 übersteigenden Fehler hat.

11.

Die Schwingungsweiten beider Pendel sind auf einer Scale gemessen, welche eine in halbe Linien getheilte gerade Linie, und 1276,5 Lin. von dem Aufhängepunkte des langen Pendels, 412,5 Lin. von dem des kurzen entfernt ist. Die Entfernung der Grenzen der Bewegung der Pendel, auf dieser Scale, in Pariser Linien gemessen, ist in der mit dem Buchstaben μ überschriebenen Columne der Original-Beobachtungen angegeben.

Indessen darf, bei der Berechnung des Einflusses der Gröfse der Schwingungen auf die Zeit derselben, nicht unberücksichtigt bleiben, daſs die Scale sich nicht in der Schwingungsebene des Pendels, sondern 18 Linien hinter derselben befindet, woraus folgt, daſs man die Weiten gröfser sieht als sie wirklich sind. Bei dem langen Pendel wurde μ mit einem Fernrohre beobachtet, welches 18 Fuſs = 2592 Lin. von der Scale entfernt und etwas seitwärts gestellt war, so daſs man damit neben dem Uhrpendel vorbeisehen konnte; die wahre Schwingungsweite ist daher

$$= \mu \cdot \frac{2574}{2592} = \frac{143}{144} \cdot \mu$$

wodurch man die gröfste Entfernung des Pendels von der Lothlinie (u') aus der Formel

$$\text{tang. } u' = \frac{143 \cdot \mu}{2 \cdot 144 \cdot 1276,5} = \frac{143 \cdot \mu}{367632}$$

erhält. Drückt man die Schwingungszeit durch diese Tangente aus, so erhält man sie

$$= t\left\{1 + \frac{1}{16}\,\text{tgt}\,u'^2 - \frac{37}{1024}\,\text{tgt.}\,u'^4 + \text{u.s.w....}\right\}$$

oder, da bei meinen Versuchen, nur das vom Quadrate abhängige Glied merklich ist

$$= t\,\{1 + \alpha.\mu\mu\}$$

wo $\alpha = \left(\frac{143}{1470523}\right)^2$ und $\log.\,\alpha = 1,97574 - 10$ ist.

Bei dem kurzen Pendel lagen die Grenzen der Schwingungen noch in dem Raume, welchen man durch das, zwischen dem Apparate und der Uhr befindliche Objectiv übersehen konnte, und wurden daher durch dasselbe Fernrohr beobachtet, welches die Coincidenzen angab. Hierbei ist der Einfluſs der Entfernung der Scale vom Pendelfaden weit gröſser, und es fand sich, durch eine zweite Scale, welche in die Ebene der Bewegung gebracht wurde, daſs 10 Lin. derselben, 11 Lin. der entfernteren deckten. Man hat also für das kurze Pendel, die wahre Schwingungsweite

$$= \frac{10}{11}\,\mu$$

ferner

$$\text{tang}\,u' = \frac{10.\mu}{2.11.412,5} = \frac{2\mu}{1515}$$

und die Schwingungszeit

$$= t\,\{1 + \alpha\,\mu\mu\}$$

wo $\alpha = \frac{1}{(3630)^2}$, $\log.\,\alpha = 2,88018 - 10$ ist.

12.

Nachdem ich alle Einrichtungen und Umstände, deren Kenntniſs nöthig zu sein scheint, angezeigt habe, werde ich jetzt die Art der Berechnung der Versuche angeben; zuerst wie die Dauer einer Schwingung, in Secunden der Uhr *P* bestimmt wurde.

Ich fange mit dem langen Pendel an. Im 5ten Art. ist die Beobachtungsart schon beschrieben, und es ist dort angeführt, wie mehrere einzelne Beobachtungen zu 9 arithmetischen Mitteln vereinigt worden sind, deren jedes etwa 500 Schwingungen von dem vorhergehenden oder folgenden ent-

fernt ist, Diese Mittel wurden zuerst auf runde Zahlen von Schwingungen immer genau um 500 von einander verschieden, reducirt, wobei die Dauer einer Schwingung so angenommen wurde, wie sie aus der Vergleichung des ersten und letzten Mittels folgt; man findet die Resultate dieser Reduction, unter der Aufschrift „Reducirte Mittel der Beobachtungen" angeführt, und ich habe dabei nur zu erinnern, dafs die Annahme gleichzeitiger Schwingungen bei der Reduction auf die runden Zahlen, keinen merklichen Fehler erzeugt, wenn auch, der Strenge nach, die früheren Schwingungen, wegen der gröfseren Winkel, etwas länger dauern als die späteren. Die bei diesen reducirten Mitteln angegebenen Schwingungsweiten und Temperaturen sind nicht unmittelbar beobachtet, indem in derselben Zeit, für welche diese Angaben gelten, die Coincidenzen wahrgenommen werden mufsten; allein sie sind immer aus zwei Beobachtungen am Anfange und am Ende dieser Coincidenzen interpolirt, und dadurch noch etwas genauer geworden als eine einzelne sie gegeben haben würde. Durch diese Werthe von μ, l' und l''' wurden, nach den Formeln des 7ten und 11ten Art., der Unterschied γ der Dauer einer Schwingung von der für $u'=o$ und die mittlere Temperatur der Messung der Länge des Pendels $=L$ stattfindenden, diese letztere als Einheit angenommen, nämlich

$$\gamma = \alpha\mu\mu + 0{,}000005949\left(\frac{l'+l'''}{2} - L\right)$$

für jedes der 9 Momente berechnet. Der Einfluſs dieses Unterschiedes auf jedes der 8 Intervalle $= \int \gamma\, dt = Y$, wurde durch mechanische Quadratur bestimmt, wobei aber die zweiten und folgenden Differenzen die letzte in die Rechnung aufgenommene Decimale oft nicht mehr ändern, so dafs dann Y geradezu dem Produkte der Zwischenzeit in die halbe Summe der Werthe von γ, für den Anfang und das Ende des Intervalls, gleich wird.

Wenn daher t die Dauer einer Schwingung des Pendels, für einen unendlich kleinen Schwingungswinkel und die mittlere Temperatur der beiden Messungen der Länge bezeichnet, Y, Y', Y'', u. s. w. . . die Werthe von $\int \gamma\, dt$ für die verschiedenen Intervalle, so sind die Ausdrücke der Zwischenzeiten

$$\begin{aligned} &500\,t + Y \\ &500\,t + Y' \\ &500\,t + Y'' \\ &\text{u. s. w.} \end{aligned}$$

oder, wenn der Bequemlichkeit wegen, $500\,t = h + x$ gesetzt wird, wo h ein genäherter Werth von $500\,t$, also x eine kleine, durch die Beobachtungen zu bestimmende Verbesserung ist,

$$\begin{aligned} &h + Y + x \\ &h + Y' + x \\ &h + Y'' + x \\ &\text{u. s. w.} \end{aligned}$$

Bezeichnet man ferner durch T die Uhrzeit des ersten Moments, und durch z ihren Beobachtungsfehler, so hat man, wenn man zuerst $h + Y + x$ zu $T + z$, dann $h + Y' + x$ zu der Summe, u. s. w. addirt, die Ausdrücke der Uhrzeiten der 9 beobachteten Momente, und wenn man die wirklich beobachteten davon abzieht, die 9 Gleichungen

$$\begin{aligned} 0 &= \quad z \\ 0 &= n^{(1)} + z + x \\ 0 &= n^{(2)} + z + 2x \\ &\cdots\cdots \\ 0 &= n^{(8)} + z + 8x \end{aligned}$$

deren Auflösung, nach der Methode der kleinsten Quadrate,

$$x = -\frac{1}{60}\left\{4n^{(8)} + 3\,(n^{(7)} - n^{(1)}) + 2\,(n^{(6)} - n^{(2)}) + n^{(5)} - n^{(3)}\right\}$$

$$z = -\frac{1}{9}\left\{n^{(1)} + n^{(2)} + \ldots + n^{(8)}\right\} - 4x$$

ergiebt. Die Substitution der gefundenen Werthe von x und z in die Ausdrücke der 9 Zeiten, giebt die Zahlen, welche in der „Rechnung" überschriebenen Columne der Versuche vorkommen, und die Vergleichung derselben mit den beobachteten, die am vortheilhaftesten vertheilten Fehler. Ich erinnere noch, dafs man die angewandten Werthe von Y, Y', Y''...., welche ich besonders anzuführen für unnöthig hielt, leicht aus der „Rechnung" überschriebenen Columne herausbringt, wenn man von den Zwischenzeiten, welche sie ergiebt, $500\,t$ abzieht.

Für das kurze Pendel habe ich die Rechnung in derselben Form geführt; nur enthalten hier die Intervalle die zwischen zwei unmittelbar beobachteten Coincidenzen liegende Anzahl der Schwingungen, also eine Zahl, welche, theils wegen der Beobachtungsfehler, theils wegen der abnehmenden

Schwingungswinkel, nicht ganz gleich bleibt. Dieses macht indessen keine Änderung in der Art die Rechnung zu führen, wenn man nur die Aufmerksamkeit anwendet, den Näherungswerth der Schwingungszeit, mit welchem man die oben durch h bezeichnete Gröfse berechnet, dem endlichen Resultate so nahe anzunehmen, dafs die, der Schärfe nach, für alle Intervalle nicht ganz gleichen Werthe von x, nicht mehr um solche Gröfsen verschieden sind, bis auf welche die Rechnung richtig geführt werden soll. Da bei den Versuchen mit dem kurzen Pendel 11 Momente vorkommen, so sind die Formeln,

$$x = -\frac{1}{220}\{5.n^{(10)} + 4(n^{(9)} - n^{(1)}) + 3(n^{(8)} - n^{(2)}) + 2(n^{(7)} - n^{(3)}) + n^{(6)} - n^{(4)}\}$$

$$z = -\frac{1}{11}\{n^{(1)} + n^{(2)} + \ldots + n^{(10)}\} - 5x$$

anzuwenden.

Diese Vorschriften beziehen sich auf die mit der Kugel von Messing gemachten Versuche. Bei der Anwendung der Kugel von Elfenbein, nahmen aber die Schwingungswinkel so schnell ab, dafs mit dem langen Pendel nur 3, mit dem kurzen nur 5 Momente beobachtet werden konnten. Für jenes hat man daher

$$x = -\frac{1}{2}n^{(2)}$$

$$z = -\frac{1}{3}(n^{(1)} + n^{(2)}) - x$$

für dieses

$$x = -\frac{1}{10}\{2n^{(4)} + n^{(3)} - n^{(1)}\}$$

$$z = -\frac{1}{5}\{n^{(1)} + n^{(2)} + n^{(3)} + n^{(4)}\} - 2x$$

Allgemein ist für $m+1$ Momente:

$$x = -\frac{6}{m.m+1.m+2}\{m.n^{(m)} + (m-2)(n^{(m-1)} - n^{(1)}) + (m-4)(n^{(m-2)} - n^{(2)}) + \text{u. s. w.} \ldots\}$$

$$z = -\frac{1}{m+1}\{n^{(1)} + n^{(2)} + \ldots + n^{(m)}\} - \frac{m}{2}x.$$

13.

Die auf diese Art gefundenen, und, der Vorschrift im 6ten Art. gemäfs, in mittlerer Zeit ausgedrückten Schwingungszeiten der Pendel, müssen von dem Einflusse befreit werden, welchen die Luft darauf äufsert. Wenn man die Masse eines, in einer Flüssigkeit sich bewegenden Körpers durch m, die Masse der durch denselben aus dem Wege gedrängten Flüssigkeit durch m' bezeichnet, so hat man die beschleunigende Kraft, welche der Körper erfährt, seit Newton,

$$= \frac{m - m'}{m}$$

angenommen, und dieser Annahme gemäfs auch die Pendelversuche reducirt.

Diese Annahme gründet sich darauf, dafs man die bewegende Kraft welche der Körper erfährt, und welche $= m - m'$ ist, auf die im Körper befindliche Masse m vertheilt hat. Sie mufs aber nicht nur auf diese, sondern auf alle Massentheile welche mit dem Körper in Bewegung gesetzt werden, also auch auf die bewegten Theile der Flüssigkeit, vertheilt werden, wodurch der Nenner der Formel, welche die beschleunigende Kraft ausdrückt, nothwendig gröfser wird als m.

Ich werde die Drehung eines Körpers um eine horizontale Axe betrachten, und die Entfernung seines Schwerpunkts von derselben, durch s bezeichnen; seine Masse durch m; die Summe aller Massentheile in das Quadrat ihrer Entfernung von der Axe multiplicirt durch $m\,(\mu + ss)$, wo also $m\mu$ das Moment der Trägheit für den Schwerpunkt ist; den Winkel der durch die Drehungsaxe und den Schwerpunkt gelegten Ebene mit der Lothlinie durch u; die Länge des einfachen Secundenpendels durch λ. Nach diesen Bezeichnungen hat man bekanntlich, durch den Satz von der Erhaltnng der lebendigen Kraft, die Differentialgleichung der Bewegung im leeren Raume:

$$c = m\,(\mu + ss)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda\,.\,ms\,.\,\mathrm{Cos}\,u$$

Bewegt sich aber der Körper in einer Flüssigkeit, so gehört auch diese zum bewegten Systeme, und es ist einleuchtend, dafs alle drei Glieder der Gleichung dadurch Veränderungen erfahren. Zuerst bewirkt der Stofs des Körpers gegen immer andere Theile der Flüssigkeit, in jedem Punkte des

Raums durch welchen der Körper sich bewegt, einen Verlust an lebendiger Kraft des ganzen Systems, also eine Verminderung von c, welche von der Geschwindigkeit und der äufseren Figur des Körpers abhängt und welche ich durch $\phi\left(\frac{du}{dt}\right)$ andeuten werde; während des Zeittheilchens dt aber bewegt sich der Körper um du, wodurch die Verminderung von c, in diesem Zeittheilchen $= du\,\phi\left(\frac{du}{dt}\right)$ wird, also c selbst, nach einer endlichen Zeit, sich in $c - \int du\,\phi\left(\frac{du}{dt}\right)$ verwandelt. Ferner kommt zum zweiten Gliede der Gleichung die Summe aller Theilchen der Flüssigkeit, jedes mit dem Quadrate seiner Geschwindigkeit multiplicirt, oder $\int vv\,dm'$ hinzu. Endlich wird dem dritten Gliede die Summe der Producte des auf jeden Punkt der Oberfläche wirkenden, nach der Richtung der Schwere zerlegten Drucks, in die Entfernung von der durch die Drehungsaxe gelegten horizontalen Ebene und in $2\pi^2\lambda$ multiplicirt, hinzugefügt; von dieser Summe kann man leicht zeigen, dafs sie $= 2\pi^2\lambda . m's'$ Cos u ist, wo s' die Entfernung des Schwerpunkts der äufseren Figur des Körpers von der Axe und m' die aus dem Wege gedrängte Flüssigkeit bezeichnet. Liegen die Schwerpunkte der Masse und der Figur des Körpers und die Drehungsaxe, in einer Ebene, welches ich der Kürze wegen annehmen werde, indem der entgegengesetzte Fall sich leicht darauf reduciren läfst, so vereinigen sich das letzte Glied und das was die Flüssigkeit ihm hinzusetzt, und man erhält die Differentialgleichung der Bewegung des Körpers in der Flüssigkeit:

$$c - \int du\,\phi\left(\frac{du}{dt}\right) = m\,\{\mu + ss\}\left(\frac{du}{dt}\right)^2 + \int vv\,dm' - 2\pi^2\lambda\,(ms - m's')\,\text{Cos}\,u.$$

Bisher hat man nur die von der Flüssigkeit herrührenden Theile des ersten und letzten Gliedes dieser Gleichung in Rechnung gebracht. Jener erzeugt den Widerstand, von welchem gezeigt worden ist, dafs er auf die Schwingungszeit keinen Einfluſs hat, sondern nur den Winkel verkleinert. Im letzten Gliede aber hat man bisher $s = s'$ gesetzt, obgleich dieses nur dann erlaubt ist, wenn das Pendel aus homogenen Theilen besteht. Der richtige Ausdruck von $ms - m's'$ ist aber, wenn M, M', M''... die Massen der einzelnen Theile, δ, δ', δ''... ihre specifischen Schweren, S, S', S''.... die Entfernungen ihrer Schwerpunkte von der Axe, Δ die specifische Schwere der Flüssigkeit bezeichnen,

$$ms\left\{1-\frac{\frac{MS}{\delta}+\frac{M'S'}{\delta'}+\frac{M''S''}{\delta''}+\text{u.s.w...}}{MS+M'S'+M''S''+\text{u.s.w...}}\cdot\Delta\right\}$$

Das was dem zweiten Gliede hinzugefügt werden mufs, ist allgemein vernachlässigt worden.

Die vollständige Theorie der Bewegung eines Pendels in einer Flüssigkeit, setzt die über die ganze Masse derselben ausgedehnte Integration von $vvdm'$ voraus, welche man aber bekanntlich nicht erhalten kann, indem sie auf die allgemeine Schwierigkeit zurückkömmt, welche die Fortschritte der Hydrodynamik gehemmt hat. Wenn man voraussetzen wollte, dafs jedes Theilchen der Flüssigkeit nur so lange in Bewegung ist als der schwingende Körper, so dafs es seine Bewegung augenblicklich verliert, wenn dieser in Ruhe versetzt wird, so würde die Geschwindigkeit offenbar der des Körpers proportional, übrigens aber von der Figur des Körpers und dem Orte des Theilchens abhängig sein: in diesem Falle erhielte man also

$$\int vvdm' = m'K\left(\frac{du}{dt}\right)^2$$

wo K eine beständige Gröfse ist, und die Schwingungszeit würde man dnrch Integration der Gleichung

$$c = m\left\{\mu+ss+\frac{m'}{m}K\right\}\left(\frac{du}{dt}\right)^2-2\pi^2\lambda\,(ms-m's')\,\text{Cos}\,u$$

erhalten, oder das Pendel würde sich bewegen wie ein einfaches, dessen Länge

$$=\frac{\mu+ss+\frac{m'}{m}K}{s-\frac{m'}{m}s'}$$

ist; der bisher vernachläfsigte Theil würde also nur das Moment der Trägheit vermehren.

Obgleich diese Annahme der wirklichen Bewegung der Flüssigkeit, selbst für kleine Geschwindigkeiten, wahrscheinlich nicht entspricht, so kann man dasselbe Resultat welches sie gegeben hat, doch durch eine Voraussetzung über die Form des Integrals $\int vvdm'$ erhalten, welche so allgemein ist, dafs man das Resultat nicht mehr als hypothetisch betrachten darf. Von welcher Beschaffenheit nämlich auch dieses Integral sein mag, so läfst

sich immer annehmen, dafs der Werth welchen es allgemein zur Zeit t hat, nach der Vollendung zweier Schwingungen, wenn Ort und Bewegung des Pendels wieder dieselben geworden sind, wiederkehrt; dieses mufs dann stattfinden, wenn die Umstände der anfänglichen Bewegung, durch die Widerstände verschwunden sind und Alles in den Beharrungszustand gekommen ist. Ist nun die Schwingungszeit diejenige, in welcher der Winkel nt um 180° wächst, wo n eine Constante, so hat das Quadrat der Geschwindigkeit der Flüssigkeit in jedem Punkte des Raums, einen Ausdruck welcher seinen Werth wiedererlangt wenn nt um 360° wächst; ich werde ihn durch

$$u'u'nn\,\{a^{(0)}+a^{(1)}\,\mathrm{Cos}\,(nt+A^{(1)})+a^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,(2nt+A^{(2)})+\text{u. s. w.}\ldots.$$

bezeichnen, wo u' den Schwingungswinkel des Pendels bedeutet, und $a^{(0)}$, $a^{(1)}$, ... $A^{(1)}$, $A^{(2)}$.... im Falle der Proportionalität der Oscillationen der Flüssigkeit und des Pendels, beständige Gröfsen, im entgegengesetzten Falle von u' abhängig sein werden. Das über den ganzen, durch die Flüssigkeit gefüllten Raum ausgedehnte Integral $\int vv\,dm'$, mufs also die Form

$$m'u'u'nn\,\{b^{(0)}+b^{(1)}\,\mathrm{Cos}\,(nt+B^{(1)})+b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,(2nt+B^{(2)})+\text{u. s. w.}\ldots.\}$$

annehmen, wo $b^{(0)}$, $b^{(1)}$, $b^{(2)}$, ... $B^{(1)}$, $B^{(2)}$, ... von der Figur des Körpers, und, allgemein zu reden, auch von dem Schwingungswinkel abhängen. Wenn aber der schwingende Körper von beiden Seiten gleichförmig ist, so dafs er, bei der Bewegung nach beiden Seiten, der Flüssigkeit eine gleiche Oberfläche darbietet, so mufs $\int vv\,dm'$ auch nachdem nt um 180° gewachsen ist, denselben Werth wiedererlangen, und hierdurch wird man den gegebenen Ausdruck abkürzen können, indem diese Bedingung, durch die Construction des Pendels, immer erreicht werden kann. In diesem Falle müssen nämlich die von nt, $3nt$, $5nt$, u. s. w.... abhängigen Glieder verschwinden, weshalb der Ausdruck:

$$\int vv\,dm'=m'u'u'nn\,\{b^{(0)}+b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,(2nt+B^{(2)})+b^{(4)}\,\mathrm{Cos}\,(4nt+B^{(4)})+\text{u. s. w.}\}$$

übrig bleibt.

Die Einwirkung dieses Ausdrucks auf die Bewegung des Pendels, habe ich in der VI^ten^ Beilage untersucht, und gefunden, dafs sie, im Falle $\frac{m'}{m}$ eine kleine Gröfse ist, deren Quadrat u. s. w. man vernachläfsigen darf, auf die Ausdehnung der Schwingungen keinen Einfluss hat, aber die Länge

des einfachen Pendels, welches mit dem sich in der Flüssigkeit bewegenden, zusammengesetzten, gleichzeitig schwingt,

$$= \frac{\mu + ss + \frac{2m'}{m}\left\{b^{(2)}\operatorname{Cos} B^{(2)} - 2b^{(4)}\operatorname{Cos} B^{(4)} + 3b^{(6)}\operatorname{Cos} B^{(6)} - \text{etc...}\right\}}{s\left\{1 - \frac{m's'}{ms}\right\}} = \frac{\mu + ss + \frac{m'}{m}K}{s\left(1 - \frac{m's'}{ms}\right)}$$

ergiebt.

Ob die Gröfse K welche hier zum Momente der Trägheit des Pendels hinzugekommen, constant oder mit den Schwingungswinkeln veränderlich ist, hängt davon ab, ob die Ausdehnung der Bewegungen der Flüssigkeit den Schwingungswinkeln proportional ist oder nicht. Die Beobachtungen müssen darüber entscheiden; sie werden zeigen dafs der Einflufs der Luft constant ist, wenn Reihen von Coincidenzen, welche bei gröfseren Schwingungswinkeln anfangen und bei kleineren enden, sich durch die gewöhnliche Reduction auf unendlich kleine Winkel vollständig darstellen lassen. Man wird weiter unten sehen, dafs dieses wenigstens mit starker Annäherung der Fall ist.

Für ein Pendel welches an einem Faden aufgehängt, und dessen Masse in einem kleinen Raume vereinigt ist, kann die Ausdehnung der Bewegung aller Theile $= su'$ angenommen werden; im Falle der Proportionalität enthalten die Coefficienten $b^{(2)}$, $b^{(4)}$.... dann den Factor ss, welcher für ein solches Pendel weit gröfser ist als μ, so dafs das Verhältnifs $ss : ss + \mu$ sehr nahe $= 1$ ist. Dadurch wird die Einwirkung der Flüssigkeit von der Länge des Pendels unabhängig, oder es hat das, im Ausdrucke des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, welchen ich nun durch

$$\frac{\mu + ss}{s - \frac{m'}{m}s}\left(1 + \frac{m'}{m}k\right)$$

bezeichnen werde, vorkommende k, für verschiedene Längen sehr nahe einen gleichen Werth.

14.

Dieses k hat man bisher als verschwindend angenommen, allein es geht aus der gegebenen Darstellung hervor, dafs kein Grund dazu vorhanden ist; da die Gröfse dieses Coefficienten unbekannt ist, so kann man nur

durch Versuche, welche auf seine Erfindung gerichtet sind, entscheiden, wie grofs sein Einfluſs auf das Resultat der Pendelversuche ist.

Das sich am ersten darbietende Mittel, aus den Versuchen richtige Resultate zu erhalten, wäre vielleicht, das Pendel im leeren Raume schwingen zu lassen; allein ich fürchte, daſs dieses Schwierigkeiten haben würde, welche Zweifel anderer Art erzeugen könnten. Ein zweites Mittel ist, zwei Pendel schwingen zu lassen, welche ihrer Figur nach gleich, aber ihrer Masse nach sehr verschieden sind. In diesem Falle wird, da der Coefficient k für beide gleich ist, die Reduction auf den leeren Raum, welche der Masse umgekehrt proportional ist, sehr verschieden sein, und man wird sie aus beiden Versuchsreihen eliminiren können.

Dieses Mittel habe ich angewandt, indem ich, auſser der Kugel von Messing, eine von Elfenbein von gleicher Gröſse schwingen lieſs, welche 4,6 Mahl so leicht ist, und daher dem Coefficienten k eine bedeutend gröſsere Einwirkung auf das Resultat giebt.

Der Berechnung der Versuche mit beiden Kugeln, habe ich die Form gegeben, welche die vollständigste Übersicht über das Verhalten der einzelnen gegeneinander, gewährt. Wenn die in mittleren Secunden ausgedrückte, beobachtete Schwingungszeit für einen unendlich kleinen Schwingungswinkel t genannt wird, die Länge des einfachen Secundenpendels λ, so ist die Länge des einfachen Pendels welches in derselben Zeit schwingen würde,

$$l = \lambda tt;$$

hätte man aber die Beobachtungen im leeren Raume gemacht, so würde man eine kleinere Länge gefunden haben, nämlich

$$l' = \lambda tt \cdot \frac{1 - \frac{m'}{m}\frac{s'}{s}}{1 + \frac{m'}{m}k}.$$

Die Länge des Pendels ist aber, von der im 8ten Art. durch F bezeichneten, unbekannten Entfernung abhängig gemessen; sie ist nämlich für das lange Pendel gleich der Summe der Längen dieses F und der Toise, beide für die Temperatur des Versuchs genommen, um die Wirkung der Elasticität des Fadens vermehrt und um die Angabe der Mikrometerschraube vermindert; für das kurze gleich der Summe derselben Quantitäten mit Ausschluſs der

Toise; ich bezeichne beide durch $F+h$ und $F+h'$. Fügt man dieser Länge die Reduction des zusammengesetzten Pendels auf das einfache $=c$ hinzu, so erhält man

$$F+h+c,$$

welches dieselbe, aber noch von den unbekannten λ und k abhängige einfache Pendellänge l' ist, welche die Schwingungszeit ergeben hat. Man hat also

$$F+h+c=\lambda tt\,.\,\frac{1-\frac{m's'}{ms}}{1+\frac{m'}{m}k};$$

oder, wenn man, um mit kleineren unbekannten Gröfsen zu rechnen, $\lambda=440,^L81+\varepsilon$ setzt,

$$F=440,81\,tt-h-c+440,81\,tt\,.\,\varepsilon\left(1-\frac{m's'}{ms}\right)-440,81\,tt\,.\frac{m's'}{ms}-(F+h+c)\frac{m'}{m}k$$

Aus den Beobachtungen mit dem kurzen Pendel erhält man einen ähnlichen Ausdruck für F, und aus der Vergleichung beider ε abhängig von k. Allein bei den Versuchen mit der Kugel von Messing ist der Einfluſs von k auf die Länge des einfachen Secundenpendels, $440,^L81+\varepsilon$, weit kleiner, als bei denen mit der Kugel von Elfenbein; die aus beiden gefundenen Werthe von ε werden also k mit Vortheil ergeben, und man wird dadurch das Endresultat frei von diesem unbekannten Coefficienten erhalten.

Die in den eben angeführten Formeln vorkommenden Coefficienten von $\frac{m'}{m}k$, welche übrigens nur näherungsweise bekannt sein dürften, finden sich aus der Verbindung zweier Beobachtungen, mit beiden Pendeln, unabhängig von der Einwirkung der Luft; nämlich

$$F+h+c=\frac{(h+c-h'-c')}{tt-t't'}\cdot tt;\quad F+h'+c'=\frac{(h+c-h'-c')}{tt-t't'}\cdot t't'.$$

Ich muſs nun noch anführen, welche Bestimmungen der Berechnung von $\frac{m'}{m}$ zum Grunde gelegt worden sind.

15.

Die Dichtigkeit der Luft welche ich angewandt habe, gründet sich auf die schönen Versuche der Herren Biot und Arago, welche fanden, daſs Quecksilber 10475,6 Mahl schwerer ist als atmosphärische Luft bei dem

Barometerstande $= 0,''76$ und der Temperatur des schmelzenden Eises. Brisson fand Quecksilber 13,59995 Mahl schwerer als Wasser, beide in der Temperatur des Eispunkts angenommen (*). Endlich fand Hällström (**) die Dichte des Wassers für den Eispunkt $= 0,9997143$, die des dichtesten $= 1$ gesetzt. Hieraus folgt, dafs das dichteste Wasser 770,488 Mahl schwerer ist als Luft bei $0,''76$ Barometerhöhe und der Temperatur des schmelzenden Eises; oder, die Dichte der Luft im Allgemeinen, für die auf den Eispunkt reducirte Barometerhöhe b, und die Temperatur x,

$$= \frac{1}{770,488} \cdot \frac{b}{0,76} \cdot \frac{1}{1 + x \,.\, 0,00375} .$$

Da das Barometer der Sternwarte, dessen wegen der Capillarität und des Theilungsfehlers berichtigte Höhen, bei den Original-Beobachtungen angegeben sind, eine in Pariser Linien getheilte Scale besitzt, so ist, wenn β seine angegebene Höhe und τ seine Temperatur bezeichnen,

$$b = \frac{\beta \left\{1 + (\tau - 16,25)\, 0,000018782\right\}}{443,296 \,.\, \left(1 + \frac{\tau}{5550}\right)}$$

und daher die Dichte der Luft am schwingenden Pendel, wo l' für x (Art. 7.) zu setzen ist,

$$\Delta' = \frac{\beta}{337,006 \,.\, 770,488\, (1 + \tau \,.\, 0,0001614)\, (1 + l' \,.\, 0,00375)}$$

Die specifische Schwere des Pendels mit der Kugel von Messing, habe ich, für die Temperatur des schmelzenden Eises, 8,18955 Mahl so grofs gefunden als die des dichtesten Wassers; bei der Temperatur l' ist sie daher

$$\Delta = \frac{8,18955}{\left\{1 + l' \,.\, 0,000018782\right\}^3}$$

Man erhält daher, da für dieses Pendel $1 - \frac{m's'}{ms}$ von $1 - \frac{m'}{m}$ nicht merklich verschieden ist,

$$\frac{m's'}{ms} = \frac{\Delta'}{\Delta} = \frac{\alpha\beta\,(1 + l' \,.\, 0,0000564)}{(1 + \tau \,.\, 0,0001614)\, (1 + l' \,.\, 0,00375)}$$

(*) Hällström. *De pondere corporum specifico, ad normalem gradum caloris reducendo. Aboae* 1809. P. 9.

(**) Hällström. *Dissertatio de mutationibus voluminis aquae destillatae. Aboae* 1802

wo

$$\alpha = \frac{1}{337,006 \cdot 770,488 \cdot 8,15955}\,; \quad \log \alpha = 3,67234 - 10$$

ist.

Die specifische Schwere der Kugel von Elfenbein ist, in derselben Temperatur in welcher die Versuche damit gemacht sind, $= 1,78337$ gefunden worden; hier ist aber, wegen der Verschiedenheit der Materien aus welchen das Pendel besteht, $\frac{s'}{s}$ etwas von der Einheit verschieden, weshalb ich nach der im 13ten Art. gegebenen Formel gerechnet, dabei die Massen und Schwerpunkte der einzelnen Theile der VIIten Beilage gemäfs angenommen, und die specifische Schwere der Theile von Messing $= 8,4$, des Fadens $= 7,6$ gesetzt habe. Auf diese Weise habe ich für das lange Pendel

$$\log \frac{m's'}{ms} = 9,74608 + \log \Delta'$$

für das kurze

$$\log \frac{m's'}{ms} = 9,74636 + \log \Delta'$$

erhalten. Setzt man für Δ' seinen Ausdruck durch die Angabe der meteorologischen Instrumente, so erhält man

$$\frac{m's'}{ms} = \frac{\alpha\beta}{(1 + \tau \cdot 0,0001614)\,(1 + l' \cdot 0,00375)}$$

wo der Logarithme von α für das lange Pendel $= 4,33168 - 10$, für das kurze $= 4,33196 - 10$ ist.

Der Werth von $\frac{m'}{m}$ im Coefficienten von k ist für die Pendel mit der Elfenbeinkugel, aus der specifischen Schwere der Kugel, mit Inbegriff der eingeschraubten Klemme von Messing, $= 1,79443$ berechnet worden. Er ist also

$$= \frac{\alpha\beta}{(1 + \tau \cdot 0,0001614)\,(1 + l' \cdot 0,00375)}$$

angenommen, wo

$$\alpha = \frac{1}{337,006 \cdot 770,488 \cdot 1,79443}\,; \quad \log \alpha = 4,33167 - 10$$

ist.

16.

Um den Unterschied der Längen der einfachen und der zusammengesetzten gleichzeitig schwingenden Pendel des Apparats berechnen zu können, ist eine genaue Kenntnifs der Gewichte beider Fäden nothwendig,

weshalb ich nicht unbemerkt lassen zu dürfen glaube, dafs ich die Abwiegungen derselben so vorsichtig als es mir möglich war, und durch verschiedene Verbindungen mit den übrigen kleinen Theilen der Pendel, gemacht habe, so dafs ich sie bis auf ein Hunderttheil eines Grans für sicher halte. Obgleich ich aber auch bei dem Gewichte der Kugel die Hunderttheile des Grans angegeben habe, so ist dasselbe doch weniger sicher, vielleicht nur bis auf zwei bis drei Zehntel eines Grans, welche Unsicherheit aber auf die Reduction der Beobachtungen keinen merklichen Einfluſs hat.

Die kleinen Körper womit die Pendel belastet sind, könnten geradezu als Punkte angenommen werden, und der Halbmesser der Kugel darf nur genähert bekannt sein, so weit als es nöthig ist um die Entfernung der Mittelpunkte der Figur und der Schwingung, mit der erforderlichen Genauigkeit berechnen zu können. Genauer als zu diesem Zwecke nothwendig, hat ihn die Abwägung der Kugeln in Luft und in Wasser gegeben, wodurch man das Gewicht des gleichen Raums Wasser erhält, aus welchem der Halbmesser der Kugeln abgeleitet werden kann, da der Raum welchen ein gegebenes Gewicht Wasser einnimmt, durch das Kilogramm bekannt ist. Die Momente der Trägheit der kleinen, an den Pendeln befindlichen Körper aber, habe ich aus ihren Figuren und Gewichten abgeleitet; sie sind genau genug, da man sie hätte ganz vernachläfsigen können.

Diese Abwiegungen, so wie die Angabe aller, zur Berechnung der Reduction der zusammengesetzten auf die einfachen Pendel nöthigen Abmessungen, habe ich in der VII^ten^ Beilage mitgetheilt. Es geht aus derselben Beilage hervor, dafs die Verbesserung der Pendellänge, welche aus der Drehung der Kugel um den Punkt wo sie an dem Faden befestigt ist, entsteht, und auf welche Laplace aufmerksam gemacht hat, für meinen Apparat nicht ganz unmerklich ist; sie wurde daher mit in Rechnung gebracht.

Die Berechnung des Einflusses der Zusammensetzung der Pendel setzt die Fäden als gleichförmig voraus. Soviel ich weifs ist bisher nicht näher untersucht worden, welchen Einfluſs ihre Ungleichförmigkeit haben kann; ich habe daher diese Untersuchung in der VIII^ten^ Beilage gemacht und das Resultat erhalten, dafs man die Ungleichheiten nicht fürchten darf, dafs aber durch das Umkehren der Fäden, selbst wenn sie sehr ungleich wären, nichts erhebliches gewonnen werden würde.

17.

Nachdem, durch das Vorhergehende die Art wie die Beobachtungen gemacht und berechnet wurden, erläutert worden ist, werde ich die Versuche selbst näher angeben können.

Die erste Reihe von Versuchen wurde im April, Mai und Juni 1826 gemacht. Sie besteht aus acht von einander unabhängigen Bestimmungen, deren jede vier Versuche mit dem langen Pendel, und zwei mit dem kurzen enthält. Bei jeder dieser Bestimmungen, ist der 1te Versuch (*a*) mit dem langen Pendel und rechts gewandten Fühlhebel, der 2te (*b*) gleichfalls mit dem langen Pendel, umgekehrten Faden und links gewandten Fühlhebel gemacht; der 3te und 4te Versuch (*c*) und (*d*) sind mit dem kurzen Pendel, (*c*) mit rechts, (*d*) mit links gewandtem Fühlhebel angestellt, (*d*) mit umgekehrtem Faden; der 5te und 6te Versuch (*e*) und (*f*) endlich, sind wie (*a*) und (*b*) gemacht, mit dem Unterschiede, dafs der zwischen diesen umgekehrte Faden bei (*e*) umgekehrt blieb und erst bei (*f*) wieder in dieselbe Lage kam die er bei dem Versuche (*a*) hatte. Zwischen solchen sechs zusammen gehörigen Versuchen ist die obere Befestigung des Messingblättchens immer völlig ungeändert geblieben, so dafs bei allen genau dieselbe Stelle desselben den Abwickelungs-Cylinder berührte. Vor dem Anfange einer neuen Bestimmung aber habe ich das Messingblättchen, durch die Schraube am Aufhängungsrahmen, meistens etwas verkürzt oder verlängert. — Dafs zu einer vollständigen Messung der Höhe der Kugel, die Umwendung des Fühlhebels nothwendig ist, habe ich schon im 8ten Art. bemerkt; ich habe aber vorgezogen, sie nicht bei jedem Versuche vorzunehmen, sondern dagegen zwei aufeinander folgende Versuche bei entgegengesetzten Wendungen zu machen. Der Grund hiervon ist, dafs das Umwenden nicht geschehen kann ohne das Gehäuse zu öffnen, wodurch eine Änderung der Temperatur hätte entstehen, und die Messungen unsicher machen können. Doch habe ich, durch mehrere, schnell nacheinander wiederholte Umwendungen, zwischen jedem der Paare *ab*, *cd*, *ef* der Versuche, den sehr kleinen Unterschied der Höhen, welchen der Fühlhebel in beiden Wendungen angab, der Wahrheit nahe bestimmt und durch die Hälfte davon, mit gehörigem Zeichen genommen, die einzelnen Versuche verbessert. Dieses hat auf

das Resultat jedes Paars der Versuche keinen Einfluſs und ist nur geschehen, damit die Abweichung der einzelnen Versuche voneinander, unmittelbar vor Augen liegen sollte. Dabei daſs ich zwei Versuche mit dem langen Pendel, vor und nach zweien mit dem kurzen machte, beabsichtigte ich, der Voraussetzung der Unveränderlichkeit von F während einer Bestimmung, weniger Einfluſs auf das Resultat einzuräumen. Daſs mit dem langen Pendel eine doppelt so groſse Anzahl von Versuchen gemacht ist, wie mit dem kurzen, hat seinen Grund in dem ungleichen Einflusse, welchen die Beobachtungsfehler auf die Bestimmung von F, bei beiden Pendeln äuſsern.

Die Resultate dieser Reihe von Versuchen, deren Originale dieser Abhandlung beigelegt sind, sind folgende:

1te Bestimmung.

Versuch *a.*	$F = 442{,}^{L}5845 + 2{,}9604 \cdot \varepsilon - 0{,}2040 \cdot k$	$\varepsilon = -0{,}^{L}0602 + 0{,}^{L}0683 \cdot k$
b.	$442{,}5855 + 2{,}9604 \cdot \varepsilon - 0{,}2028 \cdot k$	
c.	$442{,}5711 + 2{,}9605 \cdot \varepsilon - 0{,}2012 \cdot k$	
f.	$442{,}5886 + 2{,}9606 \cdot \varepsilon - 0{,}2007 \cdot k$	
Mittel	$442{,}5824 + 2{,}9605 \cdot \varepsilon - 0{,}2022 \cdot k$	
Versuch *c.*	$F = 442{,}4687 + 1{,}0011 \cdot \varepsilon - 0{,}0685 \cdot k$	
d.	$442{,}4601 + 1{,}0011 \cdot \varepsilon - 0{,}0680 \cdot k$	
Mittel	$442{,}4644 + 1{,}0011 \cdot \varepsilon - 0{,}0683 \cdot k$	

2te Bestimmung.

Versuch *a.*	$F = 442{,}5793 + 2{,}9607 \cdot \varepsilon - 0{,}2052 \cdot k$	$\varepsilon = -0{,}0582 + 0{,}0694 \cdot k$
b.	$442{,}5812 + 2{,}9608 \cdot \varepsilon - 0{,}2050 \cdot k$	
c.	$442{,}5960 + 2{,}9608 \cdot \varepsilon - 0{,}2062 \cdot k$	
f.	$442{,}5903 + 2{,}9608 \cdot \varepsilon - 0{,}2059 \cdot k$	
Mittel	$442{,}5867 + 2{,}9608 \cdot \varepsilon - 0{,}2056 \cdot k$	
Versuch *c.*	$F = 442{,}4740 + 1{,}0014 \cdot \varepsilon - 0{,}0697 \cdot k$	
d.	$442{,}4713 + 1{,}0014 \cdot \varepsilon - 0{,}0696 \cdot k$	
Mittel	$442{,}4727 + 1{,}0014 \cdot \varepsilon - 0{,}0696 \cdot k$	

3te Bestimmung.

$$\left.\begin{array}{ll}
\text{Versuch } a. & F = 442,^{L}5912 + 2,9615 \,.\, \varepsilon - 0,2024 \,.\, k \\
b. \ldots\ldots & 442,5945 + 2,9614 \,.\, \varepsilon - 0,2013 \,.\, k \\
e. \ldots\ldots & 442,5633 + 2,9615 \,.\, \varepsilon - 0,1976 \,.\, k \\
f. \ldots\ldots & 442,5784 + 2,9615 \,.\, \varepsilon - 0,1966 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots & 442,5818 + 2,9615 \,.\, \varepsilon - 0,1995 \,.\, k \\
\text{Versuch } c. & F = 442,4676 + 1,0020 \,.\, \varepsilon - 0,0678 \,.\, k \\
d. \ldots\ldots & 442,4590 + 1,0020 \,.\, \varepsilon - 0,0673 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots & 442,4633 + 1,0020 \,.\, \varepsilon - 0,0675 \,.\, k
\end{array}\right\} \varepsilon = -0,^{L}0605 + 0,^{L}0674 \,.\, k$$

4te Bestimmung.

$$\left.\begin{array}{ll}
\text{Versuch } a. & F = 442,5626 + 2,9615 \,.\, \varepsilon - 0,1980 \,.\, k \\
b. \ldots\ldots & 442,5635 + 2,9615 \,.\, \varepsilon - 0,1975 \,.\, k \\
e. \ldots\ldots & 442,5803 + 2,9615 \,.\, \varepsilon - 0,1988 \,.\, k \\
f. \ldots\ldots & 442,5759 + 2,9616 \,.\, \varepsilon - 0,1982 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots & 442,5706 + 2,9615 \,.\, \varepsilon - 0,1981 \,.\, k \\
\text{Versuch } c. & F = 442,4566 + 1,0021 \,.\, \varepsilon - 0,0671 \,.\, k \\
d. \ldots\ldots & 442,4603 + 1,0020 \,.\, \varepsilon - 0,0671 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots & 442,4584 + 1,0020 \,.\, \varepsilon - 0,0671 \,.\, k
\end{array}\right\} \varepsilon = -0,0573 + 0,0669 \,.\, k$$

5te Bestimmung.

$$\left.\begin{array}{ll}
\text{Versuch } a. & F = 442,5687 + 2,9619 \,.\, \varepsilon - 0,1925 \,.\, k \\
b. \ldots\ldots & 442,5607 + 2,9618 \,.\, \varepsilon - 0,1928 \,.\, k \\
e. \ldots\ldots & 442,5809 + 2,9618 \,.\, \varepsilon - 0,1950 \,.\, k \\
f. \ldots\ldots & 442,5787 + 2,9618 \,.\, \varepsilon - 0,1954 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots & 442,5723 + 2,9618 \,.\, \varepsilon - 0,1939 \,.\, k \\
\text{Versuch } c. & F = 442,4510 + 1,0022 \,.\, \varepsilon - 0,0635 \,.\, k \\
d. \ldots\ldots & 442,4584 + 1,0022 \,.\, \varepsilon - 0,0659 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots & 442,4547 + 1,0022 \,.\, \varepsilon - 0,0656 \,.\, k
\end{array}\right\} \varepsilon = -0,0600 + 0,0655 \,.\, k$$

6te Bestimmung.

Versuch *a.* $F = 442^{L},5776 + 2,9618 . \varepsilon - 0,1911 . k$
b. ..... $442,5670 + 2,9618 . \varepsilon - 0,1911 . k$
e. ..... $442,5576 + 2,9617 . \varepsilon - 0,1937 . k$
f. ..... $442,5752 + 2,9616 . \varepsilon - 0,1957 . k$
Mittel ..... $442,5694 + 2,9617 . \varepsilon - 0,1929 . k$
Versuch *c.* $F = 442,4557 + 1,0021 . \varepsilon - 0,0655 . k$
d. ..... $442,4544 + 1,0021 . \varepsilon - 0,0657 . k$
Mittel ..... $442,4551 + 1,0021 . \varepsilon - 0,0656 . k$

$\varepsilon = - 0^{L},0583 + 0^{L},0650 . k$

7te Bestimmung.

Versuch *a.* $F = 442,5617 + 2,9616 . \varepsilon - 0,1954 . k$
b. ..... $442,5790 + 2,9617 . \varepsilon - 0,1955 . k$
e. ..... $442,5732 + 2,9617 . \varepsilon - 0,1953 . k$
f. ..... $442,5688 + 2,9617 . \varepsilon - 0,1949 . k$
Mittel ..... $442,5707 + 2,9617 . \varepsilon - 0,1953 . k$
Versuch *c.* $F = 442,4563 + 1,0021 . \varepsilon - 0,0655 . k$
d. ..... $442,4617 + 1,0021 . \varepsilon - 0,0654 . k$
Mittel ..... $442,4590 + 1,0021 . \varepsilon - 0,0655 . k$

$\varepsilon = - 0,0570 + 0,0662 . k$

8te Bestimmung.

Versuch *a.* $F = 442,5806 + 2,9614 . \varepsilon - 0,1939 . k$
b. ..... $442,5778 + 2,9611 . \varepsilon - 0,1945 . k$
c. ..... $442,5713 + 2,9614 . \varepsilon - 0,1928 . k$
f. ..... $442,5688 + 2,9614 . \varepsilon - 0,1927 . k$
Mittel ..... $442,5746 + 2,9614 . \varepsilon - 0,1935 . k$
Versuch *c.* $F = 442,4579 + 1,0017 . \varepsilon - 0,0655 . k$
d. ..... $442,4517 + 1,0017 . \varepsilon - 0,0649 . k$
Mittel ..... $442,4548 + 1,0017 . \varepsilon - 0,0652 . k$

$\varepsilon = - 0,0611 + 0,0655 . k$

18.

Dieser Reihe von Versuchen habe ich, im April 1827, eine zweite, von drei Bestimmungen, gleichfalls mit der Kugel von Messing, hinzugefügt. Die Absicht dabei war nicht sowohl die schon erlangte Genauigkeit des Resultats zu vermehren, als das gegenseitige Verhalten dreier verschiedenen Aufhängungsarten des Pendels kennen zu lernen.

Ich wünschte nämlich, zu erfahren, welchen Einfluſs es auf den Mittelpunkt der Bewegung hat, wenn das Pendel, statt auf vorbeschriebene Art, durch Abwickelung von einem Cylinder zu schwingen, sich um eine Schneide, und an einem am oberen Ende festgeklemmten Faden bewegt. Da aber, aus dem Unterschiede der Längen beider Pendel des Apparats, worauf die Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels, nach der befolgten Methode, gegründet wird, die Einwirkung der Aufhängungsart auf den Mittelpunkt der Bewegung verschwindet, so erlangen auch diese drei neuen Bestimmungen dasselbe Recht, zum Endresultate zu stimmen, welches die früheren haben.

Die Einrichtungen zu diesen vergleichenden Versuchen der verschiedenen Aufhängungsarten, deren Ausführung ich Herrn Repsold verdanke, ist folgende. Statt des Fig. 3. Taf. II. abgebildeten Abwickelungs-Cylinders, wird ein ähnlicher, welchen die 5te Figur von der Seite und die 6te von oben gesehen darstellt, unter dem Aufhängungsrahmen befestigt, so daſs die durch die Axe desselben gehende Ebene, durch welche sein vorderes Ende ausgeschnitten ist, horizontal wird. Auf dieser Ebene ruhten sowohl der Abwickelungs-Cylinder, als die Schneide und die Klemme, mit welchen die Versuche von welchen hier die Rede ist, gemacht worden sind.

Der Abwickelungs-Cylinder selbst ist in der 7ten Fig. dargestellt; er hat 0,^{L}996 Durchmesser. Bei seinem Gebrauche liegt er auf der Ebene und wird, von dem durch das Gewicht der Pendelkugel angespannten Messingblättchen, für welches der in beiden Figuren 5 und 6 sichtbare Einschnitt der Ebene gemacht ist, an die beiden, über diese Ebene hervorragenden Schraubenköpfe angedrückt, wodurch er seine feste Lage erhält. Die Schneide ist Fig. 8. gezeichnet; Herr Repsold hat ihr, wie aus der Abbildung hervorgeht, die schöne Einrichtung gegeben, daſs man, durch kleine Gegengewichte an zwei horizontalen Armen, ihren Schwerpunkt genau unter

den Aufhängepunkt bringen kann, so dafs sie vertikal hängt; das Gegengewicht am dritten, verticalen Arme dient, ihr eine beliebige Schwingungszeit zu geben; sie ist vom feinsten Stahl gemacht und ausgezeichnet schön angeschliffen. Die Klemme endlich, Fig. 9, besteht aus zwei Stahlstücken, welche durch zwei Schrauben zusammengepreſst werden und dann so genau schliefsen, dafs man die Trennungslinie beider Stücke nicht sehen kann. Auch diese Klemme, in welcher ein Messingblättchen befestigt wird, liegt bei dem Gebrauch auf der horizontalen Ebene, und das Messingblättchen, woran das Pendel, auf dieselbe Art wie bei dem Gebrauche des Abwickelungs-Cylinders, befestigt wird, hat in dem Einschnitte der Ebene freien Spielraum.

Aus dieser Beschreibung der Einrichtung geht hervor, dafs die Aufhängepunkte der Pendel an der Schneide und Klemme gleich hoch, allein 0,''498 niedriger sind als am Abwickelungs-Cylinder. Versuche mit den drei Pendeln mufsten also zeigen, ob die Verschiedenheit der Aufhängungsarten, Einfluſs auf den Mittelpunkt der Bewegung hatte. Damit dieses aus den Versuchen desto sicherer hervorgehen sollte, habe ich dieselben so angeordnet, dafs die drei Aufhängungsarten stets miteinander abwechselten, und auf diese Art die drei neuen Bestimmungen nicht eine nach der anderen, sondern alle gleichzeitig gemacht wurden. Die erste derselben, oder die 9te nach fortgehender Zählung, ist mit der Schneide, die 10te mit der Klemme, die 11te mit dem Abwickelungs-Cylinder gemacht; jede enthält 6 Versuche, nämlich (*a*) mit dem langen Pendel, (*b*) mit dem kurzen und rechts gewandten Fühlhebel, (*c*) mit dem ersteren und links gewandten Fühlhebel; dann mit umgekehrten Fäden, (*d*) mit dem langen, (*e*) mit dem kurzen Pendel und links gewandten Fühlhebel, endlich (*f*) mit dem ersteren und wieder rechts stehenden Fühlhebel. Alle diese Versuche sind mit denselben Fäden gemacht; die näheren Angaben der einzelnen Theile der Pendel und die Berechnung ihrer Zusammensetzung, findet man in der VIIten Beilage.

Die Beobachtungen in ihrer ursprünglichen Form, sind, so wie die früheren, dieser Abhandlung beigelegt. Ihre Resultate sind folgende:

9te Bestimmung. Schneide.

$$\left.\begin{array}{lll}
\text{Versuch } a. & F = & 442{,}^{L}6485 + 2{,}9606 \,.\, \varepsilon - 0{,}2024 \,.\, k \\
c. \ldots\ldots & & 442{,}6460 + 2{,}9606 \,.\, \varepsilon - 0{,}2046 \,.\, k \\
d. \ldots\ldots & & 442{,}6534 + 2{,}9606 \,.\, \varepsilon - 0{,}2056 \,.\, k \\
f. \ldots\ldots & & 442{,}6501 + 2{,}9607 \,.\, \varepsilon - 0{,}2010 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots\ldots & & 442{,}6495 + 2{,}9606 \,.\, \varepsilon - 0{,}2034 \,.\, k \\
\text{Versuch } b. & F = & 442{,}5336 + 1{,}0012 \,.\, \varepsilon - 0{,}0687 \,.\, k \\
e. \ldots\ldots & & 442{,}5334 + 1{,}0012 \,.\, \varepsilon - 0{,}0692 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots\ldots & & 442{,}5335 + 1{,}0012 \,.\, \varepsilon - 0{,}0690 \,.\, k
\end{array}\right\} \varepsilon = -0{,}^{L}0592 + 0{,}^{L}0686 \,.\, k$$

10te Bestimmung. Klemme.

$$\left.\begin{array}{lll}
\text{Versuch } a. & F = & 442{,}6069 + 2{,}9607 \,.\, \varepsilon - 0{,}2022 \,.\, k \\
c. \ldots\ldots & & 442{,}6229 + 2{,}9607 \,.\, \varepsilon - 0{,}2045 \,.\, k \\
d. \ldots\ldots & & 442{,}6141 + 2{,}9606 \,.\, \varepsilon - 0{,}2071 \,.\, k \\
f. \ldots\ldots & & 442{,}6220 + 2{,}9610 \,.\, \varepsilon - 0{,}2000 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots\ldots & & 442{,}6165 + 2{,}9608 \,.\, \varepsilon - 0{,}2035 \,.\, k \\
\text{Versuch } b. & F = & 442{,}4964 + 1{,}0012 \,.\, \varepsilon - 0{,}0687 \,.\, k \\
e. \ldots\ldots & & 442{,}4998 + 1{,}0013 \,.\, \varepsilon - 0{,}0689 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots\ldots & & 442{,}4981 + 1{,}0013 \,.\, \varepsilon - 0{,}0688 \,.\, k
\end{array}\right\} \varepsilon = -0{,}0604 + 0{,}0687 \,.\, k$$

11te Bestimmung. Abwickelungs-Cylinder.

$$\left.\begin{array}{lll}
\text{Versuch } a. & F = & 443{,}1011 + 2{,}9615 \,.\, \varepsilon - 0{,}2036 \,.\, k \\
c. \ldots\ldots & & 443{,}1058 + 2{,}9615 \,.\, \varepsilon - 0{,}2055 \,.\, k \\
d. \ldots\ldots & & 443{,}1159 + 2{,}9616 \,.\, \varepsilon - 0{,}2066 \,.\, k \\
f. \ldots\ldots & & 443{,}1133 + 2{,}9618 \,.\, \varepsilon - 0{,}2007 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots\ldots & & 443{,}1090 + 2{,}9616 \,.\, \varepsilon - 0{,}2041 \,.\, k \\
\text{Versuch } b. & F = & 442{,}9973 + 1{,}0022 \,.\, \varepsilon - 0{,}0686 \,.\, k \\
e. \ldots\ldots & & 442{,}9971 + 1{,}0022 \,.\, \varepsilon - 0{,}0686 \,.\, k \\
\hline
\text{Mittel} \ldots\ldots\ldots & & 442{,}9972 + 1{,}0022 \,.\, \varepsilon - 0{,}0686 \,.\, k
\end{array}\right\} \varepsilon = -0{,}0571 + 0{,}0692 \,.\, k$$

Da der Einfluſs des noch unbekannten Coefficienten k, auf alle drei Bestimmungen sehr nahe gleich ist, so kann man schon beurtheilen, daſs sie im Endresultate, bis auf unerhebliche Kleinigkeiten, untereinander, und eben so mit den früheren acht, übereinstimmen. Die Werthe von F aber, welche sie ergeben, sind für

die Schneide ..... $442,^{L}4742 - 0,^{L}0003 \cdot k$
die Klemme ..... $442,4376$
den Abwickelungs-Cylinder $442,9400 + 0,0007 \cdot k$

Zieht man von dem letzten Resultate den Halbmesser des Abwickelungs-Cylinders $= 0,^{L}498$ ab, so bleibt derjenige Werth von F übrig, welchen man erhalten haben würde, wenn die Axe des Abwickelungs-Cylinders sich in derselben Ebene befunden hätte, in welcher die beiden anderen Aufhängungspunkte lagen; er ist $= 442,^{L}4420$. Daſs die beiden letzten, ziemlich nahe übereinstimmenden Werthe von F, von dem ersten verschieden sind, zeigt daſs die Schneide den Mittelpunkt der Bewegung merklich höher ergiebt als die beiden anderen Aufhängungsarten. Eine weitere Erläuterung dieses Gegenstandes werde ich in dem zweiten Abschnitte geben; hier verweile ich nicht länger dabei, da sie auf das Resultat keinen Einfluſs hat.

19.

Die dritte Reihe von Versuchen machte ich im November 1827, mit der Kugel von Elfenbein. Sie besteht aus vier Bestimmungen, bei deren jeder sowohl der Fühlhebel umgewandt, als auch die Fäden umgekehrt wurden. Bei den beiden ersten wurde das Pendel am Abwickelungs-Cylinder aufgehängt, bei den beiden letzten an der Schneide. Da diese Kugel weit weniger wiegt als die Kugel von Messing und beide dieselbe Gröſse haben, so ist die Einwirkung des Widerstandes auf die Schwingungswinkel für dieselbe weit gröſser als für die letztere. Die Versuche muſsten daher weit früher geschlossen werden, als die vorigen; dieses theils, weil bei dem langen Pendel, die Grenzen innerhalb welchen das Weiſse durch den Coincidenz-Cylinder ganz verdeckt wird (Art. 5.), für kleine Schwingungen zu weit werden, theils aber auch weil es wesentlich war, alle Versuche mit

nahe gleichen Schwingungswinkeln anzufangen und zu endigen. Aus diesen Gründen umfassen die Versuche mit dem langen Pendel nur 1000 Schwingungen, die mit dem kurzen etwa 2500, welches letztere völlig hinreichend ist, jedem einzelnen Resultate alle wünschenswerthe Genauigkeit zu geben; bei dem langen Pendel ist dieses nicht so der Fall, allein es blieb nichts anders übrig als die Versuche zu wiederholen, um dadurch zu ersetzen was jedem einzelnen an Genauigkeit abgeht. Ferner mufs ich bemerken, dafs, um die Unsicherheit zu vermeiden, welche aus den Veränderungen des bekanntlich sehr hygroscopischen Elfenbeins, im Halbmesser der Kugel entstehen kann, stets zwei zusammengehörige Versuche unmittelbar nacheinander gemacht wurden, so dafs auf einen Versuch mit dem langen Pendel, sogleich einer mit dem kurzen folgt. Die um die Zeit dieser Versuche sehr gleichförmige Temperatur der Sternwarte, begünstigte diese Anordnung, indem sie unnöthig machte, zwischen dem Öffnen des Gehäuses und den Versuchen, eine lange Zeit verstreichen zu lassen. Jede Bestimmung enthält also vier Versuche mit jedem Pendel, deren zusammengehörige ich durch gleiche Buchstaben $a\,a'\,b\,b',\ldots$ bezeichnet habe. Wegen der Zusammensetzung der Pendel mit der Kugel von Elfenbein, verweise ich auf die VII^te Beilage. Die Resultate der vier damit gemachten Bestimmungen, sind folgende:

12te Bestimmung. Abwickelungs-Cylinder.

$$
\left.\begin{array}{lll}
\text{Versuch } a. & F = 443^L,7439 + 2,9607\,.\,\varepsilon - 0,9145\,.\,k \\
b. & \ldots\ldots\ 443,6964 + 2,9607\,.\,\varepsilon - 0,9113\,.\,k \\
c. & \ldots\ldots\ 443,7078 + 2,9605\,.\,\varepsilon - 0,9097\,.\,k \\
d. & \ldots\ldots\ 443,7147 + 2,9607\,.\,\varepsilon - 0,9131\,.\,k \\
\text{Mittel} & \ldots\ldots\ 443,7157 + 2,9607\,.\,\varepsilon - 0,9122\,.\,k \\
\text{Versuch } a'. & F = 443,1554 + 1,0010\,.\,\varepsilon - 0,3088\,.\,k \\
b'. & \ldots\ldots\ 443,1483 + 1,0010\,.\,\varepsilon - 0,3079\,.\,k \\
c'. & \ldots\ldots\ 443,1567 + 1,0011\,.\,\varepsilon - 0,3072\,.\,k \\
d'. & \ldots\ldots\ 443,1550 + 1,0011\,.\,\varepsilon - 0,3085\,.\,k \\
\text{Mittel} & \ldots\ldots\ 443,1539 + 1,0011\,.\,\varepsilon - 0,3081\,.\,k
\end{array}\right\} \varepsilon = -0^L,2867 + 0^L,3083\,.\,k
$$

13te Bestimmung. Abwickelungs-Cylinder.

Versuch *a*. $F = 443,^{L}7347 + 2,9606 . \varepsilon - 0,9147 . k$
b. ..... $443,7236 + 2,9606 . \varepsilon - 0,9187 . k$
c. ..... $443,7208 + 2,9606 . \varepsilon - 0,9185 . k$
d. ..... $443,7304 + 2,9604 . \varepsilon - 0,9191 . k$
Mittel ..... $443,7274 + 2,9606 . \varepsilon - 0,9178 . k$
Versuch *a'*. $F = 443,1552 + 1,0009 . \varepsilon - 0,3085 . k$
b'. ..... $443,1646 + 1,0009 . \varepsilon - 0,3103 . k$
c'. ..... $443,1540 + 1,0013 . \varepsilon - 0,3101 . k$
d'. ..... $443,1374 + 1,0009 . \varepsilon - 0,3102 . k$
Mittel ..... $443,1528 + 1,0010 . \varepsilon - 0,3098 . k$

$\varepsilon = -0,^{L}2932 + 0,^{L}3103 . k$

14te Bestimmung. Schneide.

Versuch *a*. $F = 443,2804 + 2,9609 . \varepsilon - 0,9357 . k$
b. ..... $443,2942 + 2,9607 . \varepsilon - 0,9478 . k$
c. ..... $443,2841 + 2,9607 . \varepsilon - 0,9477 . k$
d. ..... $443,3006 + 2,9608 . \varepsilon - 0,9360 . k$
Mittel ..... $443,2898 + 2,9608 . \varepsilon - 0,9418 . k$
Versuch *a'*. $F = 442,7105 + 1,0009 . \varepsilon - 0,3168 . k$
b'. ..... $442,7126 + 1,0009 . \varepsilon - 0,3202 . k$
c'. ..... $442,7058 + 1,0009 . \varepsilon - 0,3199 . k$
d'. ..... $442,6915 + 1,0008 . \varepsilon - 0,3158 . k$
Mittel ..... $442,7051 + 1,0009 . \varepsilon - 0,3182 . k$

$\varepsilon = -0,2983 + 0,3182 . k$

15te Bestimmung. Schneide.

Versuch *a*. $F = 443,2508 + 2,9607 . \varepsilon - 0,9320 . k$
b. ..... $443,2724 + 2,9607 . \varepsilon - 0,9319 . k$
c. ..... $443,2730 + 2,9608 . \varepsilon - 0,9342 . k$
d. ..... $443,2921 + 2,9608 . \varepsilon - 0,9341 . k$
Mittel ..... $443,2721 + 2,9608 . \varepsilon - 0,9331 . k$
Versuch *a'*. $F = 442,7116 + 1,0010 . \varepsilon - 0,3149 . k$
b'. ..... $442,7129 + 1,0008 . \varepsilon - 0,3149 . k$
c'. ..... $442,7082 + 1,0008 . \varepsilon - 0,3154 . k$
d'. ..... $442,7020 + 1,0008 . \varepsilon - 0,3156 . k$
Mittel ..... $442,7087 + 1,0009 . \varepsilon - 0,3152 . k$

$\varepsilon = -0,2875 + 0,3153 . k$

Der Werth von F welchen diese vier Bestimmungen ergeben, ist für

den Abwickelungs-Cylinder .... $442,^{L}8631 + 0,^{L}0007 . k$
die Schneide ..... $442,4109 + 0,0003 . k$

Zwischen beiden ist der Unterschied $= 0,^{L}4522 + 0,^{L}0004\, k$; die beiden Bestimmungen im 18ten Art. ergaben denselben $= 0,^{L}4658 + 0,^{L}0010\, k$. Es scheint nicht nothwendig zu sein, dafs Versuche mit schwereren und leichteren Pendeln, bei welchen das Messingblättchen mit verschiedener Kraft an den Abwickelungs-Cylinder angedrückt wird, in dem Unterschiede der Mittelpunkte der Bewegung beider Aufhängungsarten, völlig übereinstimmen. Das leichtere Pendel mit der Kugel von Elfenbein, hat übrigens, so wie das schwerere, ergeben, dafs der Mittelpunkt der Bewegung bei der Schneide höher liegt als bei dem Abwickelungs-Cylinder; hier ist der Unterschied $0,^{L}045$, bei dem anderen Pendel $0,^{L}032$ gefunden.

20.

Die in den drei letzten Artikeln mitgetheilten Resultate, sind aus den Beobachtungen unter der Voraussetzung berechnet, dafs der durch k bezeichnete, von der Bewegung der Luft abhängige Coeffieient, für alle Schwingungswinkel bei welchen beobachtet worden ist, denselben Werth besitzt. Ob dieses wirklich der Fall ist, erlaubt die, der Berechnung der Versuche gegebene Form, leicht zu prüfen. Man darf nur die mittleren Fehler in der „Rechnung" überschriebenen Columne (Art. 12.), für jedes einzelne Moment der Versuche, durch die ganze Reihe derselben hindurch, aufsuchen, um dadurch sogleich beurtheilen zu können, ob nur zufällige Fehler, oder gesetzmäfsig fortgehende Abweichungen der der Rechnung zum Grunde gelegten Formel von den Beobachtungen, vorhanden sind.

Diese mittleren Fehler aus allen ähnlichen Versuchen, findet man folgendermafsen:

1) 44 Versuche mit der Kugel von Messing und dem langen Pendel.

1tes Moment ..... $-0,''0010$
2tes ——— ..... $-0,0014$
3tes ——— ..... $+0,0008$
4tes ——— ..... $+0,0012$

5tes	Moment	+ 0,″0010
6tes	———	+ 0, 0011
7tes	———	+ 0, 0001
8tes	———	— 0, 0007
9tes	———	— 0, 0011

2) 22 Versuche mit der Kugel von Messing und dem kurzen Pendel.

1tes	Moment	+ 0,″0005
2tes	———	+ 0, 0005
3tes	———	— 0, 0003
4tes	———	— 0, 0005
5tes	———	— 0, 0007
6tes	———	— 0, 0003
7tes	———	+ 0, 0005
8tes	———	+ 0, 0004
9tes	———	— 0, 0005
10tes	———	0, 0000
11tes	———	+ 0, 0004

3) 16 Versuche mit der Kugel von Elfenbein und dem langen Pendel.

1tes	Moment	— 0,″0015
2tes	———	+ 0, 0030
3tes	———	— 0, 0015

4) 16 Versuche mit der Kugel von Elfenbein und dem kurzen Pendel.

1tes	Moment	— 0,″0017
2tes	———	+ 0, 0012
3tes	———	+ 0, 0016
4tes	———	0, 0000
5tes	———	— 0, 0011

Man sieht hieraus dafs am Anfange und am Ende der Versuche kleine negative Abweichungen, in der Mitte ähnliche positive, vorherrschen, welche zwar weit kleiner sind als die möglichen Fehler der Coincidenzen, aber doch durch die Wiederholung der Versuche und durch ihren regelmäfsigen Gang,

ein gewisses Gewicht erlangen; selbst das entgegengesetzte Resultat der Versuche mit der Messingkugel am kurzen Pendel, schwächt die Annahme, dafs die Abweichungen die angegebene Regel befolgen, nicht so sehr als es auf den ersten Blick scheint; denn bei den Versuchen mit dieser Kugel müssen sie, im Fall sie wirklich von der Luft herrühren, nur $\frac{2}{9}$ der Gröfse haben welche sie bei der Kugel von Elfenbein erreichen. Da überdiefs die gröfseren Abweichungen bei den Versuchen mit der letzten Kugel vorkommen, so kann man annehmen, dafs alle Beobachtungen zusammengenommen, einen kleinen Einfluſs des Schwingungswinkels auf den Werth des Coefficienten k wahrscheinlich machen. Dieses angenommen, so folgt daraus, dafs indem am Anfange die Schwingungszeit etwas kleiner, am Ende etwas gröfser beobachtet als berechnet ist, der Coefficient k mit abnehmenden Schwingungswinkeln zunimmt.

Um das Mittel der Beobachtungen vollständiger darzustellen, müfste man die Reductionsformel auf unendlich kleine Winkel etwas ändern, wodurch man Schwingungszeiten für diese, gröfser herausbringen würde als sie berechnet worden sind. Allein es ist leicht zu übersehen, dafs dieses auf das Endresultat keinen Einfluſs haben kann: denn, da alle Versuche bei nahe gleichen Winkeln gemacht sind, und die Änderung für beide Kugeln in demselben Verhältnisse ist, in welchem die ihnen zukommenden Coefficienten von k sind, so mufs sie, wenn man k selbst aus dem Resultate eliminirt, zugleich mit verschwinden. Die Resultate bedürfen daher keiner Verbesserung.

21.

Das arithmetische Mittel aus den 11 Bestimmungen mit der Kugel von Messing ist:

$$\varepsilon = -\,0,^{L}05903 + 0,^{L}06734\,.\,k$$

aus den 4 Bestimmungen mit der Kugel von Elfenbein:

$$\varepsilon = -\,0,^{L}29143 + 0,^{L}31303\,.\,k.$$

Aus der Vergleichung beider folgt:

$$k = 0,9459.$$
$$\varepsilon = +\,0,^{L}0047$$

oder die Länge des einfachen Secundenpendels für die Königsberger Sternwarte:

$$440,8147 \text{ Linien.}$$

Substituirt man den gefundenen Werth von k in die durch die einzelnen Bestimmungen gegebenen Bedingungsgleichungen, so erhält man, aus jeder derselben, die Länge des einfachen Secundenpendels:

Beobachtungen mit der Kugel von Messing.

		Unterschied vom Mittel.	Temperatur der Toise.
			c
1te Bestimmung	$440,^{L}8144$	$-0,^{L}0003$	$+5,^{\circ}88$
2te	8174	$+0,0027$	5, 06
3te	8133	$-0,0014$	9, 00
4te	8160	$+0,0013$	11, 43
5te	8120	$-0,0027$	18, 54
6te	8132	$-0,0015$	19, 45
7te	8156	$+0,0009$	18, 20
8te	8109	$-0,0038$	21, 88
9te	8157	$+0,0010$	5, 50
10te	8146	$-0,0001$	6, 04
11te	8184	$+0,0037$	5, 94

Beobachtungen mit der Kugel von Elfenbein.

		Unterschied vom Mittel.	Temperatur der Toise.
			c
12te Bestimmung	$440,^{L}8149$	$+0,^{L}0002$	$+5,^{\circ}00$
13te	8103	$-0,0044$	3, 83
14te	8127	$-0,0020$	3, 12
15te	8207	$+0,0060$	4, 09

Die Höhe in welcher die Kugel des Pendels sich befand, ist einen Fuſs über dem Fuſsboden der Sternwarte, oder 67, 2 Fuſs $=$ 11, 2 Toisen über dem mittleren Wasserstande des Pregels, welches als die Höhe über der Fläche der Ostsee angesehen werden kann, da der Strom kein erhebliches Gefälle hat.

Die dieser Höhe zukommende Verminderung der Pendellänge ist $0,^L0032$. Man hat daher die Länge des einfachen Secundenpendels auf die Oberfläche der Ostsee reducirt:

$$= 440,8179 \text{ Linien.}$$

22.

Über den wahrscheinlichen Fehler dieses Resultats wage ich keine Meinung zu äufsern, indem man zwar wohl den Einfluſs einzelner Fehlerursachen schätzen kann, allein dadurch selten ein richtiges Urtheil über das Resultat einer zusammengesetzten Operation erhält. Einzelne Ursachen werde ich etwas näher betrachten.

Der Einfluſs der zufälligen Fehler der Vergleichungen des Pendels mit der Uhr, ergiebt, nach den im 5ten Art. vorkommenden Angaben, den mittleren Fehler der aus jedem Versuche abgeleiteten Schwingungszeit:

Kugel von Messing ..	langes Pendel	$0,''00000111$
	kurzes ——	$0,00000033$
Kugel von Elfenbein	langes Pendel	$0,00000609$
	kurzes ——	$0,00000105$

Hieraus folgt der mittlere Fehler der Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels:

Kugel von Messing ..	langes Pendel	$0,^L00168$
	kurzes ——	$0,00029$
Kugel von Elfenbein	langes Pendel	$0,00923$
	kurzes ——	$0,00093$

und der mittlere Fehler des aus jeder Bestimmung abgeleiteten Werths von ϵ, für die Messingkugel $= 0,^L00044$, für die Elfenbeinkugel $= 0,^L00237$. Das mittlere Resultat der 11 ersten Bestimmungen hat also den mittleren Fehler $0,^L00013$, das der vier letzten $0,^L00119$; der aus dieser Ursache hervorgehende mittlere Fehler des Endresultats, nach der Elimination von k, ist $= 0,^L00035$.

Der Einfluſs der Fehler der Vergleichungen der beiden Uhren ist schwer zu schätzen, weil die Abweichungen der beobachteten Coincidenzen derselben, nicht von den Beobachtungsfehlern allein, sondern auch von den Ungleichheiten im Gange der Uhren, namentlich der vor dem Pendelap-

parate aufgestellten herrühren. Dasselbe gilt von dem Einflusse der Fehler der astronomischen Beobachtungen auf den Gang der Hauptuhr. Allein es ist nicht wahrscheinlich, dafs diese Ursachen im Endresultate, welches auf vielen von einander unabhängigen Zeitbestimmungen beruht, einen einigermafsen erheblichen Einfluſs behalten haben; denn der mittlere Fehler jeder einzelnen ist, wenn er sich auch nicht bestimmt angeben läfst, ohne Zweifel sehr klein. Für noch kleiner, und sogar für ganz unmerklich halte ich den Einfluſs der Fehler in der Messung der Höhenunterschiede der Kugel, indem diese sich wirklich mit bewundernswürdiger Genauigkeit ausführen läfst.

Dagegen glaube ich, dafs man noch besser übereinstimmende Beobachtungen erhalten haben würde, wenn die vor dem Pendelapparate aufgestellte Uhr nicht oft, im Laufe eines Tages, ihren Gang merklich geändert hätte, so dafs der Werth ihrer Pendelschläge, vorzüglich bei grofser Wärme, in der Zwischenzeit weniger Stunden, um mehrere Einheiten der 6ten Decimale variirte; denn man kann nicht annehmen, dafs die befolgte Regel, die Bestimmung des Ganges dieser Uhr, für das Zeitmoment zu machen, auf welches die Mitte der Versuche fällt, den Einfluſs der Unregelmäfsigkeit ganz vernichtet hat. Den gröfsten Einfluſs hat aber vielleicht das, zuweilen starke, Zunehmen der Temperatur mit der Höhe, welches, durch die Annahme dafs es den Höhenunterschieden selbst proportional sei, wahrscheinlich nicht ganz unschädlich geworden ist.

Indessen gehören alle diese Fehler zu den zufälligen, und ich glaube, dafs die Beobachtungen oft genug wiederholt sind um sie ziemlich unschädlich zu machen. Constant wirkende Fehler welche nicht vermieden worden wären, sind mir unbekannt, aufser der möglichen Unsicherheit in der angenommenen Wärme-Ausdehnung der Toise. Wenn man die Zusammenstellung der bei verschiedenen Temperaturen der Toise gemachten Bestimmungen, welche ich im vorigen Artikel gegeben habe, betrachtet, so sieht man, dafs durch eine von der angewandten Bordaschen verschiedene Annahme der Ausdehnung, nämlich durch 0,00001167 statt 0,0000114 für jeden Centesimalgrad des Thermometers, die Fehler noch kleiner werden würden; allein auch dieses hat keinen erheblichen Einfluſs auf das Endresultat, indem die mittlere Temperatur der Versuche mit der Kugel von Messing auf 11°,54 *C.*, und mit der Kugel von Elfenbein auf 4°,01 *C.* fällt, wodurch die Temperatur der Toise, welche dem Endresultate, nach der Elimination der

unbekannten Gröfse k, zum Grunde liegt, $= 13^{\circ},60$ wird und also nur $2^{\circ},65$ niedriger ist als die Normaltemperatur der Toise. Unter der Voraussetzung dafs der den Pendelversuchen am besten entsprechende Werth der Ausdehnung der wahre ist, ist die Länge der Toise für $13^{\circ},60$ um $0,^{L}00064$ zu grofs berechnet worden, also die gefundene Länge des Secundenpendels auch, und zwar um $0,^{L}0003$ zu grofs.

Zweiter Abschnitt.

Vergleichung der Bestimmung der Pendellänge für Königsberg mit anderen, und Untersuchung verschiedener, bei den Pendelversuchen zu berücksichtigender Umstände.

23.

Herr General-Lieutenant von Müffling und Herr Arago haben ein unveränderliches, von Herrn Fortin verfertigtes Pendel von Messing, im Jahre 1818, in Paris, beinahe an demselben Orte schwingen lassen, wo Borda seine, durch scharfsinnige Anordnung der Methode und durch Genauigkeit ihrer Ausführung, berühmt gewordenen Versuche machte. Dieses Pendel hatte Herr General-Lieutenant von Müffling die Güte, mir anzuvertrauen, und ich habe dadurch eine Vergleichung des Resultats von Borda, so wie des späteren der Herren Biot und Arago, mit dem meinigen, zu erhalten gesucht.

Die Beobachtungen mit diesem Pendel in Paris hat Herr Anger, nach derselben Methode welche ich bei meinen Versuchen angewandt habe, neu berechnet. Es sind 4 Reihen von Coincidenzen, deren erste und letzte Herr Arago mit beobachtete, und woraus sich die Schwingungszeiten dieses Pendels, auf unendlich kleine Winkel bezogen, folgendermafsen ergeben:

		Schwingungszeit. M. Z.	Baromet.	Thermometer.	Temperatur des Pendels.
1818	April 16	$0,^{''}9907283$	$0,^{m}7432$	$11,^{\circ}15$	$11,^{\circ}50$
	17	0,9907370	0,7379	12,2	12,17
	18	0,9907119	0,7391	12,0	12,05
	18	0,9907199	0,7406	12,15	12,15

Um diese Schwingungszeiten auf den leeren Raum zu reduciren, mufs man sie, nach dem 13ten Art., mit

$$\sqrt{\left\{\frac{\mu+ss}{s}\cdot\frac{s\left(1-\frac{m'}{m}\right)}{\mu+\frac{m'}{m}K+ss}\right\}}$$

multiplicíren, oder wenn man $(\mu+ss)\,k$ für K schreibt und das Quadrat von $\frac{m'}{m}$ vernachläfsigt, mit

$$1-\frac{m'}{2m}(1+k),$$

wo k also den zu diesem Pendel gehörigen unbekannten Coefficienten bezeichnet. Nimmt man das Pendel 6388 Mahl dichter an als atmosphärische Luft bei der Barometerhöhe von 0,m76 und der Temperatur des schmelzenden Eises, und die Ausdehnung des Metalls für jeden Centesimalgrad des Thermometers $= 0,0000178$, beide nach der Mittheilung des Herrn General-Lieutenants von Müffling, so folgen die Schwingungszeiten im leeren Raume und bei der Temperatur 0°:

$$\begin{aligned}
&0,''9905543 - 0,0000726\,.\,k\\
&0,9905578 - 0,0000719\,.\,k\\
&0,9905336 - 0,0000721\,.\,k\\
&0,9905406 - 0,0000722\,.\,k
\end{aligned}$$

Die Gewichte dieser Versuche, welche verschiedene Anzahlen von Coincidenzen, nicht in ununterbrochener Reihe, enthalten, sind den Zahlen

$$181,\ 428,\ 62,\ 88,$$

proportional: mit Berücksichtigung derselben ist das mittlere Resultat:

$$0'',9905529 - 0,0000721\,.\,k.$$

Auf der Königsberger Sternwarte wurde dieses Pendel, unmittelbar neben dem Apparate, worauf meine Bestimmung beruht, aufgestellt. Da aber die Umstände der Pariser Aufstellung mir nicht so genau bekannt waren, dafs ich die völlige Gleichheit hätte wieder hervorbringen können, so zog ich eine Beobachtungsart vor, welche der im 5ten Art. beschriebenen ganz ähnlich ist, so dafs das Pendel sich, 8 Fufs von der Uhr entfernt bewegte. Auf diese Art beobachtete ich im August und September 1826, bei sehr

hoher Temperatur, 6 Reihen, jede von 21 Coincidenzen; im November, als die Temperatur weit niedriger war, ersuchte ich die Herren Dr Erman und Anger, noch 6 ähnliche Versuche zu machen, so dafs das mittlere Resultat der hiesigen Beobachtungen fast genau zu der Temperatur gehört, bei welcher die Schwingungszeit in Paris bestimmt wurde. Diese 12 Versuche, geben nach der Berechnung des Herrn Anger folgende Resultate:

		Schwingungszeit. M. Z.	Baromet.	Thermometer.	Temperatur d. Pend.	Schwingungszeit im leeren Raume für 0° Temp.	Beobachter.
1826 Aug.	25	0″,9905001	339‴,25	+ 23°,7	21°,29	0″,9902404 — 0,0000720.k	Bessel.
	25	5084	340, 56	22,7	21,21	2492 — 723.k	———
	26	5061	340, 43	23,8	21,58	2437 — 722.k	———
	26	5018	340, 43	21,6	20,80	2461 — 724.k	———
	28	5012	338, 78	23,3	21,59	2391 — 718.k	———
Sept.	1	5053	338, 59	22,8	21,88	2407 — 717.k	———
Nov.	9	3891	332, 70	7,7	7,32	2503 — 744.k	Anger.
	10	3852	332, 55	7,1	7,37	2458 — 744.k	———
	11	3694	334, 50	5,7	5,84	2427 — 752.k	———
	13	3643	333, 37	4,5	4,53	2490 — 754.k	Erman.
	14	3554	333, 79	4,9	4,86	2372 — 754.k	———
	15	3613	333, 09	4,2	4,39	2473 — 753.k	Anger.

Das mittlere Resultat ist

$$0,9902443 - 0,0000735 \,.\, k$$

und es folgt hieraus die Schwere in Königsberg, die in Paris = 1 gesetzt,

$$= \left\{ \frac{0,9905529 - 0,0000721 \,.\, k}{0,9902443 - 0,0000735 \,.\, k} \right\}^2 = 1,0006234 + 0,0000028 \,.\, k$$

Um auch die Schwere in London mit der in Paris zu vergleichen, habe ich die Versuche angewandt, welche die Herren Biot, Arago, und von Humboldt, mit zwei unveränderlichen Pendeln in Paris und auf der Greenwicher Sternwarte angestellt haben. Diese Versuche haben im Mittel ergeben:

		Zahl der Schwingungen in einem Tage.	Baromet.	Thermometer.	Schwingungszeit.
Pendel N° 1	Paris.....	87671,785	0‴,7568	10°,675	0″,9854938
	Greenwich	87685,358	0,7602	7,975	0,9853412
Pendel N° 2	Paris.....	87030,794	0,7533	14,505	0,9927521
	Greenwich	87044,195	0,7632	8,850	0,9925992

Reducirt man die Schwingungszeiten auf den leeren Raum und auf die Temperatur des schmelzenden Eises, unter Anwendung derselben Zahlen für die Dichte und Ausdehnung des Pendels, welche ich oben benutzt habe, so erhält man:

$$\text{Pendel N}^{\circ}\,1 \begin{cases} \text{Paris} \ldots\ldots 0,''9853265 - 0,0000737 \,.\, k \\ \text{Greenwich } 0,9851965 - 0,0000748 \,.\, k \end{cases}$$

$$\text{Pendel N}^{\circ}\,2 \begin{cases} \text{Paris} \ldots\ldots 0,9925596 - 0,0000731 \,.\, k \\ \text{Greenwich } 0,9924456 - 0,0000754 \,.\, k \end{cases}$$

und hieraus die Schwere in Greenwich, die in Paris $= 1$ gesetzt

$$\text{Pendel N}^{\circ}\,1 = 1,0002679 + 0,0000023 \,.\, k$$
$$\text{Pendel N}^{\circ}\,2 = 1,0002315 + 0,0000047 \,.\, k$$

also das mittlere Resultat dieser Versuche:

$$= 1,0002497 + 0,0000035 \,.\, k.$$

Da die Erhöhung über der Meeresfläche, für die Sternwarte in Greenwich nicht angegeben ist, so muſs die Schwere von dort nach Herrn Katers Beobachtungsorte, ohne Rücksicht darauf übertragen werden; man erhält dadurch für den letzteren Ort

$$1,0002533 + 0,0000035 \,.\, k.$$

Aus der Verbindung beider Bestimmungen folgt die Schwere in Königsberg, die in London $= 1$ gesetzt, wenn man für alle 3 Pendel k gleich annimmt,

$$= \frac{1,0006234 + 0,0000028 \,.\, k}{1,0002533 + 0,0000035 \,.\, k} = 1,0003701 - 0,0000007 \,.\, k$$

Für das unbekannte k habe ich, indem es für ein Pendel von der Construction der verglichenen, wahrscheinlich kleiner ist als für eine Kugel, den Werth $\frac{3}{4}$ gesetzt, und dadurch die 3 beobachteten Pendellängen auf Königsberg übertragen:

	Beobachtete Pendellänge	für Königsberg.
Borda.....	$440,^{L}5593$	$440,^{L}8349$
Biot und Arago....	440, 5674	449, 8430
Kater.....	440, 6872	440, 8501

Diese Pendellängen sind sämmtlich gröſser als die von mir bestimmte; die erste um $0,^{L}0202$; die andere um $0,^{L}0283$, die dritte um $0,^{L}0354$. Man

darf aber nicht übersehen, dafs die Richtigkeit dieser Unterschiede auf der ungeprüften Voraussetzung beruht, dafs das Pendel wodurch die Schweren in Paris und Königsberg verglichen worden sind, in der Zwischenzeit dieser Vergleichungen unverändert geblieben sei. Die Bemerkung des Herrn Sabine, welche er aus seiner grofsartigen, auf Anordnung des *Board of Longitude* ausgeführten Unternehmung gefolgert hat, dafs nämlich die auf die Meeresfläche reducirten Pendellängen, seiner Formel (*) nahe folgen, wenn die geologische Beschaffenheit der Beobachtungsörter gleich ist, könnte einiges Mistrauen gegen die Richtigkeit dieser Voraussetzung erregen. Denn da die geologische Beschaffenheit von London und Königsberg nahe gleich zu sein scheint, und die auf die Meeresfläche bezogene Pendellänge am ersteren Orte $= 440,^L6896$, mittelst der Sabineschen Formel auf Königsberg übertragen, $440,^L8117$ ergiebt, und diese um $0,^L0062$ kleiner ist als ich sie gefunden habe, so zeigt sich zwischen der Übertragung durch die unveränderlichen Pendel und der Formel, ein Unterschied von $0,^L0416$, welcher gröfser ist als ihn Herr Sabine, bei gleichen geologischen Verhältnissen irgendwo gefunden hat.

Indessen geht aus dieser Übertragung nicht der wirkliche Unterschied der früheren Bestimmungen und der neueren hervor, weil jene nicht die vollständige Reduction auf den leeren Raum erhalten haben. Für die Versuche der Französischen Geometer und Astronomen wird sich die Reduction nachholen lassen, wenn eine neue Reihe von Versuchen, mit einer leichteren Kugel von derselben Gröfse der dabei angewandten Kugel von Platina, hinzugefügt wird. Will man, um eine vorläufige Übersicht zu erhalten, denselben Werth des Coefficienten k annehmen, welchen ich für eine Kugel von gröfserem Durchmesser gefunden habe, so wird man die aus dieser Ursache entstehende Vergröfserung der in Paris bestimmten Pendellängen etwa $= 0,^L025$ finden, wodurch dieselben, nach der Vergleichung durch die unveränderlichen Pendel, $0,^L045$ und $0,^L053$ gröfser werden, als die in Königsberg beobachtete. Überträgt man dagegen die Pariser Pendellängen durch die Vergleichungen der unveränderlichen Pendel auf London, und von da durch die Formel auf Königsberg, so findet man das ihnen hinzuzufügende:

(*) In Pariser Linien $= 439,^L2975 + 2,^L28174$ (Sin. Polhöhe)^2

Verbesserung wegen der Luft	+ 0,^{L}0250
Reduction auf London	+ 0, 1127
Reduction auf die Meeresfläche daselbst	+ 0, 0024
Unterschied zwischen London und Königsberg, nach Sabine's Formel	+ 0, 1221
	+ 0, 2622

und hiermit wird die erste Bestimmung für Paris 0,^{L}0036, die andere um 0,^{L}0117 gröfser, als in Königsberg beobachtet worden ist. Diese nahe Übereinstimmung ist jedoch nicht eher anzunehmen, als bis die Anwendbarkeit des von mir gefundenen Werths von k, auf eine Kugel von kleinerem Durchmesser, durch Versuche geprüft, und die Übertragung von Paris nach Königsberg durch unveränderliche Pendel bestätigt sein wird, denn die schon vorhandene ähnliche Übertragung giebt das vorher angeführte, stark abweichende Resultat.

Die Verbesserung des Katerschen Resultats nach der neuen Theorie über die Einwirkung der Luft, kann, nach unserer jetzigen Kenntnifs dieses Gegenstandes, nicht ohne neue Versuche gefunden werden. Wie man aber, bei der Anwendung eines Pendels mit reciproken Axen, diese Schwierigkeit ganz vermeiden kann, werde ich unten zeigen.

24.

Alles was ich im vorigen Art. gesagt habe, beruht auf der Ansicht welche ich über die Einwirkung der Luft aufgestellt habe. Da aber die bisherige Theorie von dem unsterblichen Newton herrührt, und spätere Geometer an ihrer Richtigkeit nicht gezweifelt haben, so hielt ich für nothwendig, die neue, ehe ich sie auf die Pendelversuche anwandte, durch Experimente zu prüfen, welche den Zweck hatten, die Richtigkeit oder Unrichtigkeit der Newtonschen Theorie ins Licht zu setzen. Ich liefs daher, im October 1827, verschiedene Körper in Wasser und in Luft schwingen, und führe die Resultate davon hier an.

Es ist bekannt, dafs ein in Wasser schwingender Körper, durch den Widerstand welchen er erfährt, sehr bald zur Ruhe kömmt; aus diesem Grunde können die Beobachtungen nur geringe Genauigkeit erlangen. Allein wenn die Genauigkeit der Schwingungszeit bis auf etwa ein Tausendtheil

einer Secunde, hinreichend ist, so wird ihre Beobachtung leichter als es auf den ersten Blick erscheint. Ich habe, um Resultate von dieser Annäherung zu erhalten, zwei Verfahrungsarten brauchbar gefunden. Die erste besteht darin, dafs man die Secunden der Uhr ununterbrochen fortzählt, und z. B. bei jeder 10ten oder 12ten derselben, den Bruch der Schwingung anmerkt, welcher diesen Pendelschlägen entspricht; die ganzen Schwingungen werden später hinzugefügt. Nach der zweiten werden diejenigen Secunden der Uhr angemerkt, welche mit gerade vollendeten Schwingungen des Pendels zusammentreffen; dieses zweite Verfahren scheint den Vorzug zu verdienen, wenn die Schwingungszeiten von 1″, 2″,.... wenig verschieden sind.

Die Pendel mit welchen diese Versuche gemacht worden sind, wurden sämmtlich aufser dem Apparate aufgehängt, so dafs sie in die Mitte eines runden Wassergefäfses von 3 Fufs Durchmesser und 10 Zoll Höhe trafen; die Schwingungswinkel fingen bei etwa 2° an, und endigten sich bei den kleinsten welche noch gehörig gesehen werden konnten.

1. Das lange Pendel mit der Kugel von Messing machte eine Schwingung in etwas weniger als 2 Secunden, weshalb ich das zweite Verfahren anwandte, und aus 2 Reihen von Schwingungen, jede 10 Mahl wiederholt, die Zeiten der Coincidenzen folgendermafsen fand:

Coincidenz.	Secunden.	
0	0″,0	0″,0
1	22,5	21,9
2	45,5	43,6
3	65,8	66,7
4	88,9	89,3
5	112,1	111,1
6	133,5	132,9
7	153,0	153,8
8	176,5	176,1
9	198,9	198,3
10	221,3	——
11	240,9	——
12	265,6	——
13	287,1	——

Die erste Reihe giebt nach der Methode der kleinsten Quadrate behandelt, den wahrscheinlichsten Werth der Zwischenzeit zweier Coincidenzen

$= 22,''003$, die zweite $= 22,''033$. Das Mittel aus beiden ergiebt die Schwingungszeit des Pendels.

$$= \frac{2 \cdot 22,018}{23,018} = 1,''9131 \text{ Uhrz.} = 1,''9085 \text{ M. Z.}$$

Die Schwingungszeit desselben Pendels in der Luft war $1,''7217$ M. Z.

2. Das kurze Pendel mit derselben Kugel, ergab, in 2 Reihen, jede 10 Mahl wiederholt, folgende Schwingungen:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0,00	0,00
12	10,82	10,81
24	21,63	21,57
36	32,44	32,39
48	43,26	43,17
60	54,10	54,02
72	64,89	64,80
84	75,69	75,61
96	86,53	86,41
108	97,28	97,26
120	108,10	108,05

Aus der ersten Reihe folgt die Schwingungszeit $= 1,''1100$, aus der zweiten $= 1,''1104$; das Mittel also $= 1,''1102$ Uhrzeit $= 1,''1078$ M. Z.; in der Luft war sie $= 1,''0020$ M. Z.

Um diese Versuche zu berechnen hat man, wenn Δ, Δ', Δ'' die Dichtigkeiten der Pendelkugel, des Wassers und der Luft bezeichnen, und $\Delta\delta'$, $\Delta\delta''$ für Δ', Δ'' geschrieben werden, nach dem 13ten Art.

$$\lambda\, tt \,.\, s\,(1-\delta') = \mu + \delta' \,.\, K + ss$$
$$\lambda\, t't' \,.\, s\,(1-\delta'') = \mu + \delta'' \,.\, K + ss$$

Schreibt man $(\mu + ss)\, k$ für K, so folgt hieraus, unter der Voraussetzung dafs der Werth von K für Wasser und Luft gleich sei, welche, wegen der geringen Dichtigkeit der Luft, keinen bei diesen Versuchen in Betracht kommenden Fehler erzeugen kann,

$$k = \frac{tt\,(1-\delta') - t't'\,(1-\delta'')}{\delta' t't'\,(1-\delta'') - \delta'' tt\,(1-\delta')}$$

Für diese beiden Versuche ist $\Delta' = 8,18955$; $\Delta' = 0,99990$; $\Delta'' = 0,00126$, und es folgt damit aus dem ersten Versuche $k = 0,648$, aus dem zweiten $0,602$.

Um beide übereinstimmend zu machen, dürfte man die Schwingungszeit des kurzen Pendels in Wasser nur um 0″,0029 vermehren, was mit den Hindernissen welche sich bei diesen Versuchen der Genauigkeit entgegensetzen, wohl vereinbar zu sein scheint.

3. An die Pendel wurde, statt der Kugel, ein hohler Cylinder von Messing, von 36 Lin. Höhe und 32 Lin. Durchmesser gehängt, welcher eben so schwer ist als die Kugel, dessen specifische Schwere aber nur 2,0788 beträgt. Mit dem langen Pendel wurde folgendes beobachtet:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0,00	0,00
10	3,52	3,56
20	7,10	7,13
30	10,66	10,69
40	14,20	14,28
50	17,81	17,88
60	21,36	21,42
70	24,95	24,98
80	28,51	28,57
90	32,10	32,15
100	35,66	35,77

Hieraus folgt die Schwingungszeit = 2,″7947 und 2,″7972, im Mittel = 2,″7960 Uhrzeit = 2,″7892 M. Z.; in der Luft war sie = 1,″7244 M. Z.

4. Am kurzen Pendel aufgehängt, machte derselbe Hohlcylinder folgende Schwingungen:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0,00	0,00
12	7,27	7,28
24	14,60	14,56
36	21,88	21,86
48	29,21	29,18
60	36,56	36,46
72	43,84	43,76
84	51,17	51,06
96	58,50	58,39

woraus man für die Schwingungszeit 1,″6406 und 1,″6442 erhält; im Mittel 1,″6424 Uhrzeit = 1,″6385 M. Z.; in der Luft fand ich 1,″0104 M. Z.

Diese beiden Versuche gaben, nach der bei den vorigen, angeführten Formel berechnet, $k = 0,747$ und $0,761$ und zeigen daher, wenn man sie

mit der vorigen Bestimmung vergleicht, einen merklichen Einfluſs der Figur des schwingenden Körpers.

5. Um diesen Einfluſs aber noch viel gröſser an den Tag zu legen, nahm ich aus dem Hohlcylinder, mit welchem die beiden vorigen Versuche gemacht worden sind, den ihn unten verschlieſsenden Boden heraus, wodurch er die specifische Schwere des Metalls selbst, etwa = 8,3 erhielt. Wenn die Figur keinen Einfluſs hätte, so hätte der Cylinder nun nahe wie die Kugel schwingen müssen; allein er machte am langen Pendel folgende Schwingungen:

Secunden.	Schwingungen.
0	0, 00
10	3, 86
20	7, 72
30	11, 66
40	15, 52
50	19, 40
60	23, 27
70	27, 17
80	31, 05
90	34, 97
100	38, 84

woraus die Schwingungszeit = 2,″5737 Uhrzeit = 2,″5675 M. Z. folgt; in der Luft war sie = 1,″7199 M. Z.

6. Derselbe Cylinder ohne Boden, bewegte sich am kurzen Pendel folgendermafsen:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0, 00	0, 00
10	6, 61	6, 56
20	13, 23	13, 26
30	19, 84	19, 88
40	26, 50	26, 55

Hieraus geht die Schwingungszeit = 1,″5099 und 1,″5056 hervor; im Mittel = 1,″5078 Uhrzeit = 1,″5042 M. Z.; in der Luft war sie = 1,″0019 M. Z.

Diese beiden Versuche ergeben $k = 7, 99$ und $8, 21$, woraus also ein sehr grofser Einfluſs der Figur des schwingenden Körpers hervorgeht. Die

Wassertheile sind gezwungen worden, mehr Bewegung anzunehmen als in den vorigen Fällen, weil hier ein leer werdender Raum an der äufseren Seite des Cylinders, durch das Wasser im Inneren ersetzt werden mufste, oder umgekehrt.

Vergleicht man dieselben 6 Versuche mit der bisherigen Theorie, so erhält man die Schwingungszeit im Wasser $= t$, aus der in der Luft $= t'$, nach der Formel

$$t = t' \sqrt{\frac{1-\delta''}{1-\delta'}}.$$

		Rechnung.	Beobachtung.
Kugel von Messing	langes Pendel	1,″8373	1,″9085
	kurzes ——	1,0693	1,1078
Hohlcylinder	langes ——	2,3928	2,7892
	kurzes ——	1,4021	1,6385
Hohlcylinder ohne Boden	langes ——	1,8339	2,5675
	kurzes ——	1,0683	1,5042

Man sieht also, dafs jene Theorie mit den Versuchen nicht übereinstimmt. Hätte Newton, bei den Versuchen welche er über die Abnahme der Schwingungswinkel in Wasser und Quecksilber anstellte, die Schwingungszeiten angemerkt, so hätte ihm die Unzulänglichkeit der Theorie nicht entgehen können.

Endlich liefs ich noch ein Pendel mit reciproken Axen, welches ich unten näher beschreiben werde, und welches in der Luft um beide Axen gleichzeitige Schwingungen von 1,″0002 M. Z. machte, in einem hohen Gefäfse voll Wasser, so dafs das Pendel ganz davon überdeckt wurde, schwingen. Wenn das grofse Gewicht unten war, war die Schwingungszeit = 1,″1177 M.Z., wenn es oben war = 1,″1450; die Gleichzeitigkeit der Schwingungen ging also verloren, was man auch erwarten mufste.

Vergleicht man den aus der Bewegung der Kugel von Messing in Wasser hervorgehenden Werth von k, mit dem aus der Vergleichung der Schwingungen dieser Kugel und der gleich grofsen von Elfenbein, im 21ten Art. gefolgerten, so sieht man, dafs derselbe weit kleiner ist, als der in der Luft stattfindende, etwa im Verhältnisse 2 : 3. Hieraus geht hervor, dafs man die zur Reduction der Pendelversuche nothwendige Kenntnifs von K nicht

aus Schwingungen des Pendels in einer tropfbaren Flüssigkeit ableiten darf. Auch erinnere ich, dafs das Resultat, dafs die Wirkung der Flüssigkeit nur das Moment der Trägheit vermehrt, nur für Flüssigkeiten von geringer Dichte allgemein erwiesen worden ist.

25.

Da durch das was ich im 13ten Art. gesagt habe, die Möglichkeit einer, von der bisherigen Theorie verschiedenen Einwirkung der Flüssigkeiten auf die Bewegung der Körper klar wird, und alle Versuche welche ich angeführt habe, das was die Hydrodynamik hier noch unentschieden läfst, dahin entscheiden, dafs die stets durch k bezeichnete Gröfse keinesweges unerheblich ist, so halte ich die von der bisherigen verschiedene Reduction der Pendelbeobachtungen, welche ich angewandt habe, für gerechtfertigt, und werde nun die Resultate anderer Prüfungen angeben, welche ich über die Bewegung der Pendel vorgenommen habe.

Den Einfluſs der cylindrischen Figur der Schneiden eines Pendels hat zuerst Herr Laplace erkannt und entwickelt. Die theoretische Untersuchung desselben beruht auf der Annahme, dafs die cylindrische Schneide, bei der Bewegung des Pendels, auf der untergelegten Ebene rollt, und dafs die Ebene diesem Rollen kein Hinderniſs in den Weg legt. Man bemerkt leicht, dafs die Breite der cylindrischen Abstumpfung einer Schneide allein nicht hinreichend ist, den Einfluſs der Abstumpfung auf die Schwingungszeit zu geben; dieser hängt vielmehr, wie auch die Herren Biot und Arago bemerkt haben, von der Krümmung desjenigen Theils der Schneide ab, welcher nach und nach mit den Ebenen in Berührung kömmt, und welcher, bei kleinen Schwingungswinkeln, so wie sie bei den Versuchen zur Bestimmung der Pendellängen vorzukommen pflegen, immer sehr klein ist. Wäre z. B. der Krümmungshalbmesser ein Zehntel einer Linie, so würde die Abstumpfung der Schneide, bei einer ganzen Schwingungsweite von $2\frac{1}{2}°$, welches die gröfste, bei Herrn Katers Versuchen vorkommende ist, nur ein Bogen des Cylinders von 0,1 L. Halbmesser von $2\frac{1}{2}°$ sein, oder eine Breite von 0,″0043 haben dürfen, um einen Einfluſs von einem Zehntel einer Linie auf die Pendellänge erhalten zu können. Bemerkt man aber wirklich eine Abstumpfung von dieser Breite, so werden doch alle optischen Hülfsmittel den Halbmesser ihrer Krümmung unsicher lassen, und man wird nicht im Stande

sein, sich völlig zu versichern, ob nicht diese kleine Abstumpfung einen bedeutenden Einfluſs auf die Pendellänge erlangt. Dieses Beispiel zeigt, daſs es der Mühe werth ist, den Einfluſs der Abstumpfung der Schneiden genauer zu erörtern, als bisher geschehen ist.

Über die Figur des Cylinders welcher die Schneiden begrenzt, kann als bekannt vorausgesetzt werden, daſs die abgeschliffenen Ebenen des Prismas welches die Schneiden bildet, Berührungsebenen an dieselbe sind, oder, wenn der Winkel dieser Ebenen durch $2i$ bezeichnet wird, daſs Tangenten an die Grenzen der Cylinderflächen gezogen, den Winkel $2i$ einschlieſsen; ferner kann man die Entfernung der Ebenen, da wo sie mit der Cylinderfläche zusammentreffen, als bekannt annehmen, indem sie mikroskopisch meſsbar ist; ich werde sie durch b bezeichnen. Die Krümmung der Oberfläche bleibt aber unbekannt und man muſs sie in der Rechnung willkürlich lassen. Ich habe darüber angenommen, daſs der auf die Axe des Cylinders senkrechte Durchschnitt desselben, ein Kegelschnitt sei, dessen eine Axe mit der des Pendels zusammenfällt; seine Figur ist dann durch i, b und eine willkürliche Excentricität, welche ich durch ε bezeichnen werde, gegeben. Durch die Änderung der letzteren geht der Cylinder von der mit den Ebenen des Prismas zusammenfallenden Hyperbel, also von einer Winkelspitze, durch alle Zwischenstufen hindurch, in eine auf die Axe des Pendels senkrecht stehende Ebene über.

Diese Annahme habe ich in der IX. Beilage durch Rechnung verfolgt und führe hier die Resultate davon an. Wenn man die Länge des einfachen Pendels, mit welchem das sich auf der cylindrischen Schneide bewegende, gleiche Schwingungszeit hat, durch l' bezeichnet; die Länge eines zweiten einfachen Pendels, welches mit dem Schneidenpendel gleiche Zeit halten würde, wenn dieses sich um den Scheitelpunkt der Schneide drehete, durch l, so findet sich

$$l' = l - \frac{l}{s} \cdot b \cdot q$$

wo s die Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide, und q eine von der Figur des Cylinders und dem Schwingungswinkel abhängige Quantität ist.

Der Werth von q, für unendlich kleine Schwingungen, ist

$$= \frac{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{2 \operatorname{Cos} i};$$

für $\varepsilon = \text{Sec } i^2$ verwandelt der Kegelschnitt sich in eine Winkelspitze, und q wird $= 0$, so wie b willkürlich; von $\text{Sec } i^2$ bis 1 ist der Kegelschnitt eine Hyperbel; für 1 eine Parabel; zwischen 1 und 0 eine Ellipse mit aufrecht stehender grofsen Axe; für 0 ein Kreis; zwischen 0 und $-\infty$ eine Ellipse mit aufrechter kleinen Axe. Durch diesen Übergang von ε von $\text{Sec } i^2$ bis $-\infty$ wird q immer gröfser, und für den letzten Werth sogar unendlich grofs, was mit dem gänzlichen Aufhören der unendlich kleinen Schwingungen in diesem Falle übereinstimmt. Ist aber der halbe Schwingungswinkel u' nicht unendlich klein, so hat q die Grenze

$$\frac{2}{\pi \text{ Sin } u'} .$$

Für sehr grofse Werthe von ε nimmt q schnell ab, wenn die Schwingungswinkel wachsen; für kleinere ist es von dem Werthe, welchen es für unendlich kleine Schwingungen hat, wenigstens bei den Winkeln bei welchen man Pendelversuche anzustellen pflegt, nicht mehr merklich verschieden. Damit man dieses vollständiger übersehen könne, habe ich für einige Werthe von ε, und für $u' = 0$, $1°$, $2°$, den Werth von q, nach Anleitung der IX. Beilage, berechnet, und in folgende zwei Tafeln gebracht, deren erste für $2i = 90°$ gilt, die andere für $2i = 120°$; dieser letzte Winkel fand bei Herrn Katers Versuchen statt.

Winkel $i = 45°$.

ε	Natur des Kegelschnitts.	Axenverhältnifs.	Werthe von q. $u' = 0$	$u' = 1°$	$u' = 2°$
+ 2	Hyperbel . . .	. . . . .	0	0	0
+ 1	Parabel	. . . . .	0,50	0,50	0,50
0	Kreis	1 : 1 . . .	0,71	0,71	0,71
— 10	Ellipse	1 : 3,32	1,73	1,73	1,72
— 100	———	1 : 10,05	5,05	4,99	4,84
— 1000	———	1 : 31,64	15,83	14,30	11,58
— 10000	———	1 : 100,00	50,00	28,38	16,68
— 100000	———	1 : 316,23	158,11	34,94	18,00
— ∞	Ebene	1 : ∞	∞	36,48	18,24

Winkel $i = 60°$.

ε	Natur des Kegelschnitts.	Axenverhältnifs.	Werthe von q. $u' = 0$	$u' = 1°$	$u' = 2°$
+ 4	Hyperbel ...	.....	0	0	0
+ 1	Parabel	.....	0,87	0,87	0,87
0	Kreis	1 : 1 ...	1,00	1,00	1,00
— 10	Ellipse.....	1 : 3,32	1,87	1,87	1,86
— 100	——.....	1 : 10,05	5,10	5,04	4,88
— 1000	——.....	1 : 31,64	15,84	14,32	11,59
— 10000	——.....	1 : 100,00	50,01	28,38	16,68
— 100000	——.....	1 : 316,23	158,12	34,94	18,00
— ∞	Ebene	1 : ∞	∞	36,48	18,24

Diese Tafeln geben nur den von der Lage des Schwerpunkts des Pendels unabhängigen Theil des vollständigen, in der IX. Beilage entwickelten Ausdrucks von q; der andere ist unbedeutend.

Wenn die Voraussetzung worauf diese Rechnung gegründet ist, nämlich dafs die cylindrische Schneide auf den Ebenen wirklich rollt, wahr ist, so zeigen diese Tafeln, dafs die Figur der Schneide einen merklichen Einfluſs auf die Pendellängen haben kann, selbst wenn die Abstumpfung b nur einige Tausendtheile einer Linie beträgt. Wenn nicht ein genügender Grund vorhanden ist anzunehmen, dafs grofse negative Werthe von ε, oder sehr stark abgeplattete Ellipsen mit horizontaler grofsen Axe, bei der Operation des Abschleifens der Schneiden, oder durch die Abnutzung derselben durch den Gebrauch, nicht entstehen können, so wird man diese Ursache als die Quelle einer so grofsen Unsicherheit ansehen müssen, dafs man nicht wagen darf, die Bestimmung der Pendellänge auf einen Apparat mit Schneiden zu gründen, ehe man Mittel gefunden hat, den Fehler entweder zu bestimmen, oder aus dem Resultate zu eliminiren.

Es ist in der That behauptet worden, dafs der Einfluſs der Cylindricität der Schneiden, aus dem Resultate der Beobachtungen mit einem Pendel von Herrn Bohnenbergers Erfindung verschwinde; allein diese sehr elegante Eigenschaft eines solchen Apparats findet nur statt, wenn beide Schneiden durch gleiche Cylinder begrenzt sind. Setzt man dieses nicht voraus, die beobachteten Schwingungszeiten um beide Schneiden aber als gleich, so hat man für die eine

$$l' = l - \frac{l}{s} bq; \quad l = \frac{\mu + ss}{s};$$

für die andere

$$l' = l_{,} - \frac{l_{,}}{s_{,}} b_{,} q_{,} ; \quad l_{,} = \frac{\mu + s_{,} s_{,}}{s_{,}} ;$$

und wenn man l, $l_{,}$, μ eliminirt,

$$l' = s + s_{,} - \frac{s + s_{,}}{s - s_{,}} (bq - b_{,} q_{,}) .$$

Also ist die Länge des gleichzeitig sehwingenden einfachen Pendels, nur dann der Entfernung der Scheitel der cylindrischen Schneiden gleich, wenn bq und $b_{,} q_{,}$ gleich sind. Es ist aber ein leichtes Mittel vorhanden, den Einfluſs der Cylindricität ganz zu eliminiren: man richtet das Pendel so ein, daſs die Schneiden mit einander verwechselt werden können, und macht die Versuche sowohl vor als nach der Verwechselung. Dadurch kömmt der Fehler, in gleicher Gröſse auf entgegengesetzte Seiten, und das Mittel ist frei davon.

26.

Es ist bekannt, daſs Herr Biot die Einwirkung der Cylindricität ganz bezweifelt hat, indem er bemerkt, daſs das Pendel nicht mit der ganzen Sehneide, sondern nur mit einzelnen hervorstehenden, als unendlich klein zu betrachtenden Punkten auf der Ebene aufliege, und sich bei der Schwingung um diese drehe. Man könnte noch hinzufügen, daſs eine der Voraussetzungen der Rechnung, nämlich die der völligen Härte der Unterlagen, nie in mathematischer Strenge erfüllt wird, indem dieselben immer mehr oder weniger elastisch sind. Indessen können diese Bemerkungen uns über eine Fehlerquelle nicht völlig beruhigen, deren sehr groſser Einfluſs auf die Versuche, der Rechnung zufolge, möglich ist; deren Nichtvorhandensein aber durch directe Beweise dargethan werden müſste, ehe man die Sicherheit von Versuchen, auch wenn sie nicht durch ihre Anordnung davon befreit sind, behaupten kann.

Es schien mir also nothwendig, Versuche über die Einwirkung der Figur der Schneiden anzustellen. Dieses geschah mit einem Pendel mit reciproken Axen, welches aus einer cylindrischen Stange von Messing, von 5,1 Lin. Durchmesser und 635 Lin. Länge, mit einem festen gröſseren und einem beweglichen kleineren Gewichte besteht. Wenn das gröſsere Gewicht unten ist, das kleinere oben, so ist die obere Schneide 96, 4 Lin. vom oberen

Ende der Stange entfernt, die untere 97,6 Lin. vom unteren Ende; das grofse Gewicht ist ein Cylinder von Messing von 36,7 Lin. Durchmesser und 3,9 Lin. Höhe, und die auf die Stange senkrechte Axe desselben ist 58,6 Lin. unter der unteren Schneide. Das kleine Gewicht ist dann über der oberen Schneide, und wurde, bei den Versuchen welche ich mit diesem Apparate machte, so befestigt, dafs sein Mittelpunkt 64,3 Lin. von derselben entfernt war, wodurch die Schwingungszeiten um beide Schneiden nahe gleich wurden. In diesem Zustande fand ich die Entfernung der einen Schneide vom Schwerpunkte = 305,32 Lin., der anderen = 135,70 Lin., so dafs die Entfernung beider durch den Schwerpunkt im Verhältnisse 9 : 4 getheilt wurde. Die Schneiden von Stahl sind ziemlich nahe im rechten Winkel abgeschliffen, der Figur und dem Gewichte nach gleich und so eingerichtet, dafs man sie leicht herausnehmen, und, dem Zwecke des Apparats gemäfs, diejenigen Änderungen ihrer Abstumpfung vornehmen kann, über deren Einwirkung auf die Schwingungszeit Versuche gemacht werden sollen. Die Unterlage der Schneiden waren die zu dem unveränderlichen Pendel von Fortin gehörigen Agatebenen. Das Gewicht des Pendels fand ich = 34260 Gran.

Die Beobachtungen mit diesem Apparate wurden nach der im 5ten Art. beschriebenen Methode gemacht; da sie aber auf das eigentliche Resultat dieser Abhandlung keinen Einfluss haben, so glaube ich die Anführung derselben in ihrer ursprünglichen Form unterlassen, und nur die aus jedem Versuche herausgebrachte Schwingungszeit für unendlich kleine Winkel, mittheilen zu dürfen.

Wenn man die Schneiden herausnimmt um ihre Schärfe durch neues Anschleifen zu verändern, so wird nur dann eine Änderung der Schwingungszeit daraus hervorgehen, wenn der Werth von bq dadurch verändert worden ist; in sofern man also nicht Mittel anwendet, welche dieses Product bestimmt ändern, wird das neue Anschleifen oft keinen merklichen Einfluss äufsern. Ich kann daher nicht alle Versuche welche ich gemacht habe, zur Bestätigung des wirklichen Einflusses der Abstumpfung auf die Schwingungszeit anführen, sondern nur diejenigen derselben welche diesen Einfluss zeigten. Die Form unter welcher ich die Versuche mittheilen werde ist folgende: zuerst wird die beobachtete mittlere Zeit t einer Schwingung für unendlich kleine Winkel, nebst dem Stande des Barometers und daran befindlichen Thermometers angegeben; dann die Temperatur des Pendels τ; ferner die

auf den leeren Raum und die Temperatur 0 bezogene, entsprechende einfache Pendellänge l', in der Voraussetzung der Länge des einfachen Secundenpendels $= 440,^L8147$, und der Ausdehnung des Messings $= 0,0000178$ für $1°C.$, berechnet. Der unbekannte Coefficient welcher die Einwirkung der Luft bestimmt, ist, je nachdem das grofseGewicht unten oder oben ist, durch k und k' bezeichnet.

Am 13ten December 1826, als das grofse Gewicht oben war, wurde folgender Versuch gemacht:

$$t = 1,''0001093. \quad 340,^L38 + 3,^\circ2. \quad \tau = 2,^\circ95. \quad l' = 440,^L8185 - 0,^L0694 . k'.$$

Darauf wurde die Schneide herausgenommen und so fein geschliffen als mir möglich war; am folgenden Tage fand sich damit:

$$t = 1,''0001651. \quad 339,^L34 + 3,^\circ0. \quad \tau = 3,^\circ07. \quad l' = 440,^L8668 - 0,^L0694 . k'.$$

Allein durch das Herausnehmen und Wiedereinsetzen der Schneide, war sie, wie ich durch eine mikroskopische Messung fand, um $0,^L006$ dem Schwerpunkte näher gekommen, wodurch l', nach der oben angegebenen Lage des Schwerpunkts des Pendels, um $0,^L0075$ vergröfsert worden ist. Der Unterschied beider Versuche ist daher $= 0,^L0408$, und zeigt, dafs das Product bq durch die Änderung der Schneide, um $0,^L0125$ verkleinert worden ist.

Ein zweites Beispiel giebt eine, durch fortgesetzten Gebrauch einer Schneide erzeugte Änderung zu erkennen. Am 16ten December 1826 war das grofse Gewicht unten, und die Schneide war sehr fein, vermuthlich feiner als es nach der Härte ihres Stahls hätte sein sollen, angeschliffen; in diesem Zustande des Pendels wurde folgender Versuch gemacht:

$$t = 1,''0001505. \quad 338,^L66 + 2,^\circ7. \quad \tau = 2,^\circ64. \quad l' = 440,^L8572 - 0,^L0695 . k.$$

Nach dieser Beobachtung wurde das Pendel zu verschiedenen Versuchen angewandt, von welchen ich später reden werde, und nach der Beendigung derselben, am 14ten und 15ten Februar 1827, wurden folgende Versuche damit gemacht:

$$t = 1,''0000984. \quad 331,^L80 - 1,^\circ0. \quad \tau = -\,0,^\circ78. \quad l' = 440,^L8387 - 0,^L0689 . k$$
$$t = 1,0000787. \quad 334,39 - 1,3. \quad -\,2,20. \quad = 440,8316 - 0,0689 . k.$$

Die Veränderung der entsprechenden einfachen Pendellänge ist daher gleich $-0,^{L}0220$; allein im Februar fand sich die Schneide $0,^{L}006$ entfernter vom Schwerpunkte als im December, welches vermuthlich von einer durch die erwähnten Versuche entstandenen, auch später beim Herausnehmen der Schneide sichtbaren Abnutzung herrührt. Diese vergrößerte Entfernung, hätte l' um $0,^{L}0033$ vergrößern müssen, wenn bq denselben Werth behalten hätte; die beobachtete Veränderung beträgt daher $-0,^{L}0253$, und es folgt daraus eine Vergrößerung von $bq = 0,^{L}0173$. Die abgenutzte Schneide schien mir, unter einem 200 Mahl vergrößernden Mikroskop, eine Abstumpfung von $0,^{L}005$ zu haben.

Diese beide Erfahrungen scheinen mir hinreichend, zu zeigen, daſs die Figur der Schneide wirklich die Schwingungszeiten ändern kann; ich hätte noch einige andere anführen können, welche aber nicht so entschieden wie diese, die möglichen Grenzen der Beobachtungsfehler überschreiten. Allein man kann eine viel gröſsere Wirkung der Abstumpfung hervorbringen, wenn man darauf ausgeht, die Krümmung der Abstumpfung sehr klein zu machen. Um eine Bestätigung dieses Resultats der Rechnung durch Versuche zu erhalten, schliff ich die Schneide durch eine Glasplatte, welche, soviel ohne besonders dazu eingerichteten Apparat thunlich war, stets senkrecht auf der den Winkel der Ebenen des Prismas bissectirenden Ebene erhalten wurde. Die Breite der dadurch entstandenen Abstumpfung, fand ich, mit den Pistorschen Mikroskopen, im Mittel aus Messungen an 10 verschiedenen Punkten $= 0,^{L}0216$; die Entfernung der Schneide vom Schwerpunkte war jetzt $0,^{L}021$ gröſser als am 16ten December 1826, für welchen Tag oben $l' = 440,^{L}8572 - 0,^{L}0695\,k$ bestimmt worden ist; jetzt hätte also sein Werth $= 440,^{L}8689 - 0,^{L}0695\,k$ sein sollen, wenn der Zustand der Schneide übrigens nicht verändert worden wäre. In diesem Zustande des Pendels beobachtete Herr D. Erman am 16ten Februar eine Reihe von Coincidenzen, welche ich mit den dazu gehörigen Schwingungswinkeln anführe, weil die aus jedem einzelnen Intervalle geschlossene, nach der gewöhnlichen Formel auf unendlich kleine Winkel reducirte Schwingungszeit entschieden kleiner wurde so wie die Schwingungswinkel abnahmen.

u'	t		τ	l'		Einfluſs der Abstumpfung.
von 98′,1 bis 69′,0	0″,9997649		— 2°,03	440L,5539		— 0L,3150
69,0 - 52,6	7633		— 2,01	5524		— 0, 3165
52,6 - 40,8	7594		— 2,00	5489		— 0, 3200
40,8 - 29,2	7619	334L,80—2°,0	— 2,00	5511	— 0L,0696 k.	— 0, 3178
29,2 - 22,4	7509		— 1,99	5413		— 0, 3276
22,4 - 17,0	7407		— 1,97	5321		— 0, 3368
17,0 - 13,3	7255		— 1,94	5185		— 0, 3504

Der hier beobachtete Einfluſs der Abstumpfung ist $= -\frac{l}{s}.bq = -\frac{13}{9}.bq$; $b = 0,^L0216$ angenommen ergiebt sich daraus q:

u'	q
83′,6	10, 1
60. 8	10, 1
46, 7	10, 2
35, 0	10, 2
25, 8	10, 5
19, 7	10, 8
15, 2	11, 2

Dieser Versuch wurde, einige Tage später, mit der Abänderung wiederholt, daſs die Ebenen der Schneide vorher abgeschliffen wurden, so daſs die Breite der Abstumpfung dadurch bis auf $0,^L0135$ im Mittel, vermindert wurde. Als die Schneide wieder befestigt war, fand sie sich $0,^L019$ entfernter vom Schwerpunkte als am 16ten December, weshalb der Werth von l' jetzt $= 440,^L8678 - 0,^L0695\,k$ hätte sein sollen. Die Coincidenzen wurden von Herrn Anger beobachtet;

u'	t		τ	l'		Einfluſs der Abstumpfung.
von 90′,0 bis 69′,3	0″,9998555		— 3°,92	440L,6475		— 0L,2203
69,3 - 56,0	8478		— 3,75	6393		— 0, 2285
56,0 - 44,8	8373		— 3,63	6292		— 0, 2386
44,8 - 36,3	8370	335L,94—3°,4	— 3,54	6282	— 0L,0706.k	— 0, 2396
36,3 - 29,9	8300		— 3,47	6214		— 0, 2464
29,9 - 24,5	8368		— 3,43	6271		— 0, 2407
24,5 - 20,4	8210		— 3,39	6129		— 0, 2548

Da b hier $= 0,^L0135$ ist, so erhält man die den einzelnen Intervallen entsprechenden Werthe von q:

u'	q
79,7	11,2
62,7	11,7
50,4	12,2
40,6	12,2
33,1	12,6
27,2	12,3
22,5	13,0

Diese Versuche, verglichen mit der ersten Tafel des 25ten Art., zeigen, dafs wenn man die Abstumpfung als eine Ellipse betrachtet, das Axenverhältnifs etwa 1 : 21 und 1 : 25 angenommen werden mufs, welche Annahmen nichts Unwahrscheinliches haben, aber, da man die Krümmung so kleiner Flächen nicht messen kann, auch nicht direct bestätigt werden können; die Zunahme des Einflusses bei kleinen Schwingungswinkeln, stimmt nahe genug mit der Theorie überein.

27.

Obgleich diese Versuche, übereinstimmend mit der oben gegebenen Entwickelung der Theorie, zeigen, dafs Grund vorhanden ist, auf die Vermeidung des Einflusses der Cylindricität der Schneiden mehr Gewicht zu legen, als bisher geschehen ist, so sieht man doch wohl, dafs ihr Einfluſs auf die Versuche des Herrn Kater, wenn nicht ganz unmerklich, doch sehr gering gewesen sein mufs. Denn die grofse Vorsicht welche dieser, eben so aufmerksame als erfindungsreiche Beobachter auf die feine Bearbeitung und gute Erhaltung der Schneiden wandte, so wie die Güte des zu denselben benutzten Stahls, lassen eine nur sehr geringe, wahrscheinlich ein Tausendtheil einer Linie nicht erreichende Abstumpfung erwarten, deren Einfluſs, wenn sie für beide Schneiden gleich war, verschwinden, wenn sie ungleich war, nach dem 25ten Art., nur zum Theil auf das Resultat übergehen mufste.

Die Herren Biot und Arago haben ihre Versuche mit 2 Schneiden gemacht, deren eine eine sehr breite Abstumpfung, die andere eine weit geringere hatte; für jene war $b = 0,^{L}0166$, für diese $= 0,^{L}0023$. Dennoch stimmen die mit beiden erhaltenen Resultate überein. Nach dem was ich über die Abstumpfung der Schneiden angeführt habe, mufs ich gestehen, dafs mir diese Übereinstimmung mehr zufällig als nothwendig erscheint. Bei

dem letzten der im vorigen Art. angeführten Versuche, war die Breite der Abstumpfung kleiner als bei dem ersten der beiden Französischen Pendel; dennoch würde ihr Einfluſs auf dasselbe etwa $0,^L16$ gewesen sein. Wenn er aber nicht so groſs, sogar unmerklich gefunden wurde, so liegt dieses also in der Art der Krümmung, von welcher es überhaupt wahrscheinlich ist, daſs sie die Grenze nicht durch Zufall erreicht, welche man ihr durch Absicht geben kann. Es scheint daher daſs man das zuverlässigste Resultat aus der in dem *Recueil d'Observations* enthaltenen denkwürdigen Operation ziehen wird, wenn man die Versuche mit der feineren Schneide allein nimmt, und die mit der gröberen nur zur Übertragung der Pendellänge von einem Orte zum anderen anwendet. Das Maximum des Einflusses der Abstumpfung der feineren Schneide auf die Länge des Secundenpendels, welches sich mit den bei gröſseren und kleineren Schwingungswinkeln angestellten Beobachtungen noch vereinigen läſst, würde etwa $0,^L029$ sein; allein es ist, wie gesagt, gar nicht wahrscheinlich, daſs diese Grenze auch nur näherungsweise erreicht werden sollte.

Der Fehler welchen dieselbe Ursache bei der Bordaschen Bestimmung hervorgebracht haben kann, ist, weil das Pendel viermal so lang war als das Secundenpendel, nur ein Viertel der Gröſse von bq. Man darf aber nicht unbemerkt lassen, daſs Laplace erst lange nach Borda's Tode auf diese Fehlerursache aufmerksam machte, so daſs man nicht sicher ist, ob Borda alle Aufmerksamkeit angewandt hat, sie zu vermeiden; ferner daſs jener groſser Geometer anführt, die Begrenzung der Schneide sei ein Halbcylinder, dessen Radius ein Hunderttheil eines Millimeters überschreite, woraus hervorzugehen scheint, daſs diese allgemein ausgesprochene Wahrnehmung, wenn nicht an Borda's Schneide selbst gemacht, doch, nach Laplace's Meinung, mit dieser vereinbar ist. Muſs man aber eine Abstumpfung der Schneide von 0,01 Lin. für wahrscheinlich, dagegen den anderen Theil der Angabe, daſs die Schneide einen Halbcylinder bilde, wegen Unzulänglichkeit eines Vergröſserungsglases zur Beurtheilung des Krümmungshalbmessers einer so kleinen Fläche, für nicht hinreichend begründet halten, so scheint man nicht mit Sicherheit behaupten zu können, daſs der Einfluſs der Abstumpfung der Schneide auf Borda's Resultat ganz unmerklich sei. Vielleicht ist Borda's Schneide noch unverändert vorhanden, in welchem Falle es nicht schwer werden wird, durch eine neue Reihe von Versuchen mit

einem weit kürzeren Pendel, dieser höchst ausgezeichneten Operation entweder die Bestätigung zu verschaffen, oder die ihr anzubringende Verbesserung zu finden.

28.

Hier mufs ich auch der Versuche erwähnen, welche ich in der Absicht gemacht habe, zu bestimmen, wie sich die Mittelpunkte der Bewegung der drei, im 18ten Art. beschriebenen Aufhängungsarten der Pendel an meinem Apparate, gegen die Aufhängungspunkte selbst verhalten.

Es ist dazu nöthig, die Entfernung der Ebene am Aufhängungsrahmen, auf welcher die Schneide, die Klemme und der Abwickelungscylinder ruhen, von dem Nullpunkte der Mikrometervorrichtung am unteren Ende des Pendelapparats, oder vielmehr die durch F bezeichnete Constante, unmittelbar zu messen. Wenn man den Apparat durch eine Einrichtung zu dieser Messung vermehrt, so ergiebt er nicht nur den Unterschied der beiden Pendellängen, sondern auch die Längen beider Pendel selbst. Indem aber die aus dem Unterschiede gefolgerte Länge des einfachen Secundenpendels, von der Einwirkung der Aufhängungsart auf den Mittelpunkt der Bewegung frei ist, so wird durch die Vergleichung derselben mit der Länge eines der beiden Pendel, diese Einwirkung bekannt. Man sieht, dafs der so vermehrte Apparat eigentlich eine dreifache Bestimmung der Länge des Secundenpendels gewährt, sowohl aus der gemessenen Länge des kurzen Pendels, als aus der des langen (welche die Summe der vorigen und der Toise ist) und aus dem Unterschiede beider Längen. Die letzte allein ist aber frei von jeder Unsicherheit über den Mittelpunkt der Bewegung und eben so von dem Halbmesser und der Voraussetzung der Gleichförmigkeit der Materie der Kugel.

Herr Repsold hatte die Güte, mir eine Einrichtung zur Messung der Constante F zu verfertigen. Dieses ist eine Stange von Stahl von 453 Lin. Länge; auf ihre obere polirte, ebene Fläche wird ein Cylinder von Stahl von 1 Lin. Durchmesser und 3 Lin. Länge, durch eine starke Feder aufgedrückt, welcher dann über beide Seiten der Stange hervorragt; die Dicke der Stange ist nicht gröfser als die Weite des Einschnitts der Ebene auf welcher die Schneide, die Klemme und der Abwickelungscylinder ruhen, so dafs sie, mittelst des über ihre beide Seiten hervorstehenden Cylinders, an derselben Ebene aufgehängt werden kann, wodurch ihr oberes Ende mit

dieser Ebene zusammenfällt. Mit dem unteren, abgerundeten Ende, trifft diese Stange, wenn der Aufhängungsrahmen so aufgelegt ist wie bei dem Gebrauche des kurzen Pendels, auf die Stahlplatte am Fühlhebel. Ihr Gewicht ist dem Gewichte der Pendelkugel von Messing gleich, so dafs der Aufhängungsrahmen bei den Versuchen mit dem Pendel und bei der Messung, eine gleiche Spannung erfährt.

Nach der Ankunft dieser Einrichtung ersuchte ich Herrn Anger, vier Reihen von Coincidenzen mit dem kurzen Pendel, mit der Schneide und der Kugel von Messing zu beobachten, zwischen welchen sowohl der Faden, als der Fühlhebel umgekehrt wurden; die Messungen an der Mikrometerschraube und die Vergleichungen der Uhren übernahm ich selbst. Vor und nach diesen Versuchen wurde die Mefsstange angewandt.

Diese vier Versuche habe ich nicht im Originale mitgetheilt, theils weil das Maafs der Genauigkeit der Coincidenz-Beobachtungen aus den früheren hinreichend bekannt ist und Herr Anger hier wenigstens denselben Erfolg erhalten hat; theils weil sie keinen Einfluſs auf das Hauptresultat dieser Abhandlung haben. Ich führe also hier nur die Schwingungszeiten für unendlich kleine Winkel und die übrigen, zur Rechnung nothwendigen Data an:

	Schwingungszeit. M. Z.	Barometer.		Temperatur von *F*.	Schraube des Fühlhebels.
1827 November 22	$1''{,}0001360$	$334''{,}01$	$+ 2°{,}5$	$+ 3°{,}20$	$19''{,}294$
23	1,0001399	333, 56	+ 2, 8	+ 3, 44	19, 294
23	1,0001098	331, 56	+ 2, 4	+ 2, 89	19, 5505
26	1,0001125	338, 86	+ 2, 4	+ 2, 96	19, 527

Die Messungen an der Schraube des Fühlhebels ergeben:

Gemessene Länge ..... $= F$	$- 1''{,}7403$	$- 1''{,}7403$	$- 1''{,}7635$	$- 1''{,}7613$
Temperatur von F	+ 0, 0176	+ 0, 0186	+ 0, 0156	+ 0, 0160
Elasticität des Fadens	+ 0, 0014	+ 0, 0014	+ 0, 0014	+ 0, 0014
Länge des Pendels ..... $= F$	— 1, 7213	— 1, 7203	— 1, 7465	— 1, 7439

Die Berechnung der Schwingungszeiten, unter Voraussetzung der Länge des einfachen Secundenpendels $= 440''{,}81 + \varepsilon$, und des im 21ten Art. bestimmten Werthes von k, geben folgende Resultate:

Länge des entsprechenden einfachen Pendels	$440^L,9299$	$440^L,9333$	$440^L,9068$	$440^L,9092$
Reduction auf den leeren Raum	$-0,1332$	$-0,1329$	$-0,1323$	$-0,1353$
——— auf das zusammengesetzte Pendel	$-0,0535$	$-0,0535$	$-0,0535$	$-0,0535$
——— auf F	$+1,7213$	$+1,7203$	$+1,7465$	$+1,7439$
Resultat des Versuchs . . . . . $F =$	442,4645	442,4672	442,4675	442,4643

Die Reduction auf das zusammengesetzte Pendel ist mit dem Gewichte des Fadens = 3,64 Gran, übrigens aber mit denselben Elementen berechnet, welche für das Pendel mit der Schneide, in der VII. Beilage, angewandt worden sind.

Als die Mefsstange aufgehängt war, ergab die Messung mit der Mikrometerschraube, im Mittel aus häufigen, immer fast vollkommen übereinstimmenden Beobachtungen:

Schraube des Fühlhebels.	e'	e''	l'	l''
$18^R,069$	$3^\circ,65$	$3^\circ,64$	$3^\circ,53$	$3^\circ,60$

Für die Temperatur dieser Messung ist die Constante $= F + 0,^L0197$; diese, um die Angabe der Mikrometerschraube $= 1,^L6298$ vermindert, und um den Halbmesser der Pendelkugel für $3^\circ,53$ Temperatur ($= a$) vermehrt, ist die Länge der Mefsstange für $\frac{1}{2}\{3^\circ,53 + 3^\circ,60\} = 3^\circ,565$ Temperatur ($= b$). Man erhält also

$$F = b - a + 1,^L6101.$$

Um die Länge b zu bestimmen, habe ich die Toise auf eine horizontale Ebene gelegt und die Mefsstange auf dieselbe, so dafs das obere Ende derselben mit einer der Endflächen der Toise zusammenfiel, welches man durch einen geraden, an das Ende der Toise angedrückten Cylinder, an welchen auch die Stange angeschoben wird, erlangt: dann habe ich auf das untere, abgerundete Ende der Stange, eins der Pistorschen, zur Prüfung der Theilungen des Meridiankreises bestimmten Mikroskope eingestellt, und, ohne die Toise zu verrücken, diese Operation am anderen Ende derselben wiederholt, so dafs ein zweites dieser Mikroskope den nunmehrigen Ort des unteren Endes der Stange angab. Auf diese Art erhielten die Mikroskope eine Entfernung welche dem Überschusse der doppelten Länge der Stange über die Länge der Toise, gleich war, und welche nun auf einer, von den

Herren Pistor und Schiek in Berlin verfertigten, auf in Messing eingelegtes Silber schön getheilten Scale, durch die Schraube des einen der Mikroskope gemessen wurde. Im Mittel aus mehreren Wiederholungen ergab sich dieser Überschufs $= 41,^{L}9973$ bei der Temperatur $= 4,^{\circ}04\ C.$ Für diese Temperatur ist die Länge der Toise $= 863,^{L}8790$; der gemessene Überschufs ist, da die Scale ihre wahre Länge bei der Normaltemperatur der Toise erlangt $= 41,^{L}9882$; also ist die Länge der Stange für dieselbe Temperatur $= 452,^{L}9336$, und wenn man die Ausdehnung 0,0000114 für jeden Grad des Thermometers annimmt, $b = 452,^{L}9311$.

Der Halbmesser der Kugel ist zwar in der VII. Beilage, durch das Gewicht des Wassers welches sie aus dem Wege drängt $= 12,^{L}082$ bestimmt worden; allein da er hier einen directen Einflufs auf das Resultat erlangt, so habe ich ihn unmittelbar gemessen. Dieses geschah dadurch, dafs in die Ebene von Holz auf welcher die Toise lag, eine Vertiefung von 10 Linien gemacht wurde, an deren einen Rand ich ein eben und rechtwinklicht geschliffenes, etwas über 2 Linien dickes Stück Messing so befestigte, dafs sowohl die Kugel als die Toise an dasselbe angeschoben werden konnten; auf die Toise wurde die Scale von Pistor und Schiek befestigt und die Gröfse der Verschiebung durch ein Mikroskop gemessen. Hierdurch erhielt ich den Durchmesser der Kugel, in der Temperatur $3,^{\circ}90 = 24,^{L}1619$; da die Scale und die Kugel aus demselben Metalle bestehen, so ist dieses ihr wahrer Durchmesser für die Normaltemperatur der Toise, und man erhält den für $3,^{\circ}53$ stattfindenden $= 24,^{L}1564$ oder $a = 12,^{L}0782$.

Demzufolge ist $F = 442,^{L}4630$; nach der Bestimmung durch die Pendelschwingungen ist es im Mittel $= 442,^{L}4659 + 1,0002.\varepsilon$; setzt man, für ε seinen aus dem 20ten Art. bekannten Werth $= + 0,^{L}0047$, so wird es $= 442,^{L}4706$, und die Vergleichung beider Bestimmungen ergiebt den Mittelpunkt der Bewegung des Pendels $0,^{L}0076$ über der Ebene auf welcher die Schneide ruhete. Dieser Unterschied mag zum Theil aus den Fehlern der in diesem Art. beschriebenen Operation entstanden sein, vielleicht auch aus der Voraussetzung, dafs der Schwerpunkt und der Mittelpunkt der Kugel zusammenfallen, welche, durch Umkehren der Kugel, hätte unschädlich gemacht werden müssen; wenn die Bestimmung der Pendellänge aus Versuchen mit einem Pendel hätte abgeleitet werden sollen; man sieht aber daraus, dafs dieser Versuch keinen Grund giebt anzunehmen, dafs eine so schön

gearbeitete Schneide wie die von Herrn Repsold, womit diese Versuche gemacht worden sind, den Mittelpunkt der Bewegung merklich zu tief gebe. Hierdurch wird das bestätigt was ich über die Einwirkung der cylindrischen Figur der Schneiden auf Herrn Kater's Bestimmung gesagt habe. Es geht übrigens aus diesem Versuche hervor, dafs die Beobachtungen welche ich gemacht habe, aus beiden Pendeln einzeln genommen, nahe dasselbe Resultat gegeben haben würden, welches aus ihrem Unterschiede folgt. Dafs aber sowohl der Abwickelungs-Cylinder als die Klemme, den Mittelpunkt der Bewegung (Art. 18 und 19) um einige Hunderttheile einer Linie zu tief ergeben, ist nicht mehr zu bezweifeln.

29.

In dem Werke des Herrn Sabine findet sich eine Bemerkung welche grofse Aufmerksamkeit verdient, indem sie auf die Richtigkeit der Bestimmungen der absoluten Pendellänge neue Zweifel wirft. Er liefs nämlich seine beiden unveränderlichen Pendel sowohl auf denselben Agatebenen schwingen, welche Herr Kater zu seinen Versuchen gebraucht hatte, als auch auf den zu diesen Pendeln selbst gehörenden: obgleich kein Unterschied unter diesen Ebenen sichtbar war, so machte doch eins der Pendel auf seinen eigenen Ebenen, täglich 1,46 Schwingungen mehr, als auf den Katerschen; das andere zeigte diesen Unterschied (welcher mit $0,^{L}015$ in der Länge des Secundenpendels correspondirt) nicht. Die ausgezeichnete Übereinstimmung aller Versuche von Sabine läfst keinen Zweifel über die Wirklichkeit des Unterschiedes; dennoch fand er, unter dem Anscheine nach ganz gleichen Umständen, bei dem zweiten Pendel nicht statt. Es war daher keine Hofnung vorhanden, seine Ursache, durch Versuche auf verschiedenen Ebenen von derselben Materie, zu entdecken; allein es schien der Mühe werth, das im 26ten Art. beschriebene Pendel auf Unterlagen von sehr verschiedener Härte und Politur schwingen zu lassen, weil sich dadurch weit gröfsere Unterschiede ergeben konnten, von welchen dann einiger Aufschlufs über die Natur und den Einflufs dieser Einwirkung zu erwarten war. Ich machte daher Versuche auf Ebenen von Agat, von mattgeschliffenem Glase und von Stahl, auf Glas-Cylindern und auf Ebenen und Cylindern von Messing. Alle diese Versuche wurden mit beiden Schneiden des Pendels

wiederholt; die meisten Coincidenzen sind von Herrn Anger beobachtet. Die Form ihrer Mittheilung ist die bereits im 26ten Art. angewandte.

Die auf den härteren Unterlagen — von Agat, mattgeschliffenen Glasplatten, Glasröhren von 42 Lin. Durchmesser, und sehr harten Stahlebenen — gemachten Versuche werde ich zuerst anführen:

1) Grofses Gewicht unten:

		t	Barometer.		τ	l'
1826 Dcbr. 16	Agatebenen	1,″0001505	338,‴66	+ 2,°7	+ 2,°64	440,‴8572 — 0,‴0695 . k
21	Glasebenen	1,0001436	334, 17	+ 2, 0	+ 1, 86	440, 8580 — 0, 0687 . k
19	Glasröhren	1,0001510	337, 73	+ 2, 0	+ 2, 56	440, 8585 — 0, 0692 . k
1827 Apr. 19	Agatebenen	1,0002455	337, 82	+ 12, 4	+ 12, 01	440, 8700 — 0, 0668 . k
21	Dieselben	1,0002455	335, 24	+ 13, 1	+ 12, 34	440, 8680 — 0, 0662 . k
20	Stahlebenen	1,0002459	337, 65	+ 13, 7	+ 12, 57	440, 8662 — 0, 0666 . k
20	Dieselben	1,0002364	336, 45	+ 12, 1	+ 11, 73	440, 8644 — 0, 0666 . k

2) Grofses Gewicht oben:

		t	Barometer.		τ	l'
1826 Dcbr. 16	Agatebenen	1,0001387	338,‴68	+ 2,°7	+ 2,°40	440,‴8488 — 0,‴0694 . k'
21	Glasebenen	1,0001316	333, 96	+ 2, 2	+ 2, 08	440, 8458 — 0, 0686 . k'
19	Glasröhren	1,0001299	337, 84	+ 2, 0	+ 2, 16	440, 8428 — 0, 0694 . k'
1827 Apr. 19	Agatebenen	1,0001908	337, 79	+ 12, 9	+ 12, 12	440, 8210 — 0, 0668 . k'
21	Dieselben	1,0001817	335, 20	+ 13, 7	+ 12, 51	440, 8105 — 0, 0662 . k'
20	Stahlebenen	1,0001825	337, 55	+ 13, 8	+ 12, 71	440, 8092 — 0, 0666 . k'
20	Dieselben	1,0001807	336, 35	+ 12, 3	+ 11, 78	440, 8149 — 0, 0666 . k'

Der Zustand des Pendels bei den drei ersten Versuchen blieb derselbe; eben so bei den vier letzten; zwischen beiden Reihen wurde er aber verändert. Die Versuche zeigen keine entschiedene Einwirkung der Unterlagen auf die Schwingungszeiten des Pendels, welche selbst bei den Glasröhren, welche von den Schneiden nur in einem Punkte berührt werden, den Werth behalten haben, den sie auf den übrigen Unterlagen hatten. Vielleicht wäre, aus öfterer Wiederholung der Versnche, ein kleiner mittler Unterschied hervorgegangen; allein seine Auffindung schien mir kaum ein Interesse zu haben, da man aus der Erfahrung des Herrn Sabine schon weis, dafs dergleichen Unterschiede auch vorkommen können, wenn die verschiedenen Unterlagen von gleicher Materie sind.

Ganz verschieden zeigten sich aber die Schwingungszeiten, als die Schneiden auf Ebenen von gehämmertem Messing gelegt wurden, deren Oberflächen abgeschliffen, aber nicht polirt waren. Auf diesen Unterlagen wurden folgende Versuche gemacht.

1) Grofses Gewicht unten:

		t	Barometer.		τ	l'
1826 Dcbr. 20	Messingebenen	$1''{,}0001124$	$335^L{,}58$	$+ 2°{,}1$	$+ 1°{,}96$	$440^L{,}8299 - 0^L{,}0689 . k$
1827 Oct. 7	Agatebenen ...	1,0002979	337, 80	12, 7	12, 43	440, 9133 — 0, 0664 . k
7	Messingebenen	1,0002751	337, 52	13, 3	12, 85	440, 8901 — 0, 0662 . k
9	Agatebenen ...	1,0003135	334, 86	15, 8	14, 16	440, 9145 — 0, 0654 . k
10	Messingebenen	1,0002709	334, 86	15, 8	14, 67	440, 8730 — 0, 0653 . k

2) Grofses Gewicht oben:

		t	Barometer.		τ	l'
1826 Dcbr. 20	Messingebenen	$1''{,}0000619$	$335^L{,}52$	$+ 2°{,}0$	$+ 2°{,}18$	$440^L{,}7833 - 0^L{,}0689 . k'$
1827 Oct. 7	Agatebenen ...	1,0002433	337, 78	12, 8	12, 62	440, 8638 — 0, 0663 . k'
7	Messingebenen	1,0002198	337, 40	13, 6	13, 17	440, 8390 — 0, 0661 . k'
8	Agatebenen ...	1,0002530	336, 31	14, 5	13, 83	440, 8633 — 0, 0657 . k'
10	Messingebenen	1,0001680	334, 83	15, 8	14, 86	440, 7810 — 0, 0652 . k'

Bei dem ersten Versuche, verglichen mit den drei oben angeführten Versuchen auf härteren Unterlagen, zeigt sich ein Einfluſs der Messingebenen auf die Länge des gleichzeitig schwingenden Pendels, von $- 0^L{,}0280$ und $- 0^L{,}0625$; der zweite Versuch ergiebt denselben $- 0^L{,}0238$ und $- 0^L{,}0246$; der dritte $- 0^L{,}0409$ und $- 0^L{,}0826$. Sie stimmen daher bei weitem nicht so gut überein, als ähnliche Versuche auf härteren Unterlagen, so daſs man annehmen kann, daſs die Messingebenen die Schwingungszeiten auf eine Art stören, welche von der Verschiedenheit im Auflegen des Pendels, oder von Umständen abhängt welche man nicht kennt. Indessen geben alle drei Versuche beträchtlich kürzere Schwingungszeiten als die Versuche auf härteren Unterlagen, und der Unterschied ist für die zweite Aufhängung des Pendels gröſser als für die erste. Die Abnahme der Schwingungswinkel war nicht beträchtlich verschieden von der welche sich zeigt wenn man das Pendel auf härteren Unterlagen schwingen läſst; die einzelnen Coincidenzen stimmten eben so gut untereinander als gewöhnlich, so daſs kein Einfluſs der Schwingungswinkel bemerkt wurde. Nachdem die Versuche beendigt waren,

untersuchte ich die Ebenen, und fand bei den beiden ersten, dafs die Schneide keinen Einschnitt in dieselben gemacht, sondern nur eine sehr feine, sich von den übrigen Stellen der mattgeschliffenen Flächen durch ihren Glanz auszeichnende Linie, hervorgebracht hatte; bei den vier späteren Versuchen war ein sehr feiner Einschnitt sichtbar, dessen Breite aber so gering war, dafs ich vergebens versuchte, sie unter dem Mikroskope zu messen. —

Der beträchtliche Einfluſs welchen die Messingebenen auf die Schwingungszeiten des Pendels gehabt haben, liefs erwarten, dafs man einen noch gröfseren erhalten würde, wenn man die Schneiden auf Cylinder von derselben Materie legte. Ich versuchte daher auch diese; allein sie gaben einen so grofsen und mit den Schwingungswinkeln so veränderlichen Einfluſs, dafs es nöthig wird die Versuche im Einzelnen vorzulegen.

Der erste wurde am 18ten December 1826 gemacht; die Unterlagen waren Stücke von Messingdraht von 1 Lin. Durchmesser, welche aber abgedreht und polirt wurden. Als das grofse Gewicht unten war, bewegte das Pendel sich folgendermafsen:

u'	t		τ	l'	
von 43′,7 bis 34′,2	0″,9998277	$339^L,32 + 2°,0$	+ 2°,04	440^L,5772	$- 0,0696 . k$
34,2 - 26,0	0,9997884		2,05	5425	
26,0 - 20,2	0,9997686		2,08	5248	
20,2 - 17,1	0,9997624		2,13	5189	
17,1 - 13,7	0,9997535		2,16	5108	

als es oben war:

u'	t		τ	l'	
von 59′,4 bis 32′,5	0″,9995905	$339^L,32 + 2°,0$	+ 2°,12	440^L,3676	$- 0,0696 . k'$
32,5 - 19,5	0,9994995		2,12	2874	
19,5 - 13,7	0,9994446		2,12	2389	

Dieser Versuch wurde am 22ten December, mit neuen Messingcylindern von 1,63 L. Durchmesser wiederholt; er ergab nun für beide Lagen des Pendels,

u'	t		τ	l'	
von 87′,8 bis 63′,5	1″,0000431	$337^L,31 . + 2°,0$	+ 2°,00	440^L,7663	$- 0,0691 . k$
63,5 - 46,1	1,0000110		2,04	7393	
46,1 - 34,8	0,9999771		2,09	7090	
34,8 - 27,0	0,9999493		2,14	6841	
27,0 - 21,2	0,9999290		2,20	6657	

u'	t		τ	l'	
von 81′,3 bis 39′,3	0″,9997143	} 337ᴸ,74 . + 2°,0	+ 2°,17	440ᴸ,4765	} — 0,0693 . k'
39,3 - 22,9	0,9995826		2,21	3600	
22,9 - 14,0	0,9995067		2,25	2928	

Die Stellen der Messingcylinder wo die Schneiden gelegen hatten, wurden unter dem Mikroskope untersucht; es fanden sich Einschnitte deren Breite $= 0,^{L}01$ bis $0,^{L}013$, deren Tiefe aber weit geringer war. Die Abnahme der Schwingungswinkel war weit gröfser als auf den härteren Unterlagen, wie die folgende Zusammenstellung der in beiden Versuchen und den früheren beobachteten zeigt:

I.		II.		Härtere Unterlagen.	
u'	Schwingungen.	u'	Schwingungen.	u'	Schwingungen.
43′,7	0	87′,8	0	82′,9	0
34,2	885	63,5	802	68,1	770
26,0	1787	46,1	1619	56,0	1544
20,2	2698	34,8	2450	47,0	2320
17,1	3612	27,0	3292	39,5	3097
13,7	4530	21,2	4142	33,5	3874
				28,4	4652
				24,2	5431
59,4	0	81,3	0	94,3	0
32,5	987	39,3	929	65,0	772
19,5	2025	22,9	1925	46,4	1550
13,7	3095	14,0	2962	33,6	2331
				24,5	3112
				18,9	3895

Vergleicht man die aus diesen beiden Versuchen hervorgehenden Werthe von l' mit den auf den härteren Unterlagen bestimmten, so erhält man folgende Einwirkungen der Messingcylinder auf dieselben:

1ter Versuch.				2ter Versuch.			
u'		u'		u'		u'	
39′,0	— 0,ᴸ2807	46′,0	— 0,ᴸ4782	75′,7	— 0,ᴸ0916	60′,3	— 0,ᴸ3693
30,1	— 0,3154	26,0	— 0,5584	54,8	— 0,1186	31,1	— 0,4858
23,1	— 0,3331	16,6	— 0,6069	40,5	— 0,1489	18,5	— 0,5530
18,7	— 0,3390			30,9	— 0,1738		
15,4	— 0,3471			24,1	— 0,1922		

30.

Man wird gewifs nicht Pendelschwingungen auf weicheren Unterlagen beobachten, während härtere vorhanden sind, also auch nicht Gefahr laufen, so grofse Unsicherheiten in die Resultate zu bringen, als die sind, welche die Anwendung von Messingebenen und Cylindern gegeben hat. Allein dennoch halte ich die auf diesen Unterlagen gemachten Versuche für lehrreich, indem sie die Natur der Einwirkung aufklären. Es scheint zwischen den im December 1826 gemachten Versuchen auf Messingebenen, und denen auf härteren Unterlagen, kein wesentlicher Unterschied zu sein, indem auch jene Ebenen keinen bleibenden Eindruck der Schneide erhielten; der grofse Einflufs derselben wäre dann die Wirkung einer auch bei den härteren Unterlagen stattfindenden, nur bei den Messingebenen stärker hervortretenden Ursache.

Es schien mir daher der Mühe werth, der Natur der Einwirkung der Unterlagen auf die Schneiden noch weiter nachzuspüren, und namentlich durch hinreichend feine Versuche zu entscheiden, ob die Schneiden, wie man immer vorausgesetzt hat, wirklich festliegen, oder ob sie durch die Schwingungen eine kleine Bewegung erhalten. Zu diesen Versuchen wandte ich eine Vorrichtung an, welche Fig. 10. Taf. II. in halber Gröfse abgebildet ist. Das Wesentliche derselben ist eine Rolle von Stahl von 0,85 Lin. Halbmesser, an welches ein 36 Lin. langer Zeiger, mit einem Gegengewichte für die Schwere desselben versehen, befestigt ist, und welche sich um einen feinen Zapfen dreht. Wenn diese Rolle unter die Schärfe der Schneide gedrückt wird, so dafs ihre Axe sich nicht bewegen kann, so mufs sie eine Drehung annehmen, wenn die Schneide sich bewegt; diese Drehung zeigt der Zeiger 42 Mahl vergröfsert; allein wenn man gegen denselben ein Mikroskop richtet so wird die Vergröfserung noch weit stärker, und man wird auch im Stande sein, mit einem Mikrometer im Mikroskope, die Ausdehnung der Bewegung zu messen. Um die Rolle gegen die Schneide des auf seinen Unterlagen befindlichen Pendels drücken zu können, sind die Löcher für ihren Zapfen an dem kurzen Arme eines Hebels befindlich, welcher sich um zwei, auf dem Rahmen der Agatebenen oder anderen Unterlagen ruhende scharfe Spitzen dreht, während der lange Arm desselben so belastet ist, dafs die Rolle mit einem Gewichte von etwa einer Unze gegen die Schneide

drückt. Gegen den Zeiger wurde eins der Pistorschen Mikroskope gerichtet, indem es, in horizontaler Lage, auf dem Rahmen der Unterlage befestigt wurde; da man damit den Tausendsten Theil einer Linie noch deutlich erkennt, so mufste eine Bewegung der Schneide sichtbar werden, wenn sie auch nur den Vierzigtausendsten Theil einer Linie betrug. Es ist klar, dafs das Rollen der cylindrischen Schneide auf den Unterlagen, keine Verrückung des Zeigers verursachen kann; allein wenn die Schneide nicht gerade, oder vielmehr der die Rolle berührende Punkt derselben, nicht in gerader Linie, mit den auf den Lagern aufliegenden Theilen ist, so mufs eine Bewegung erfolgen, wodurch es nöthig wird, durch Veränderung der Versuche, diesen Fehler auszuschliefsen oder zu verkleinern.

Zu diesen Versuchen über die Bewegung der Schneiden während der Schwingungen des Pendels, wurde wieder das im 26ten Art. beschriebene Pendel angewandt. Ich fand auf allen Unterlagen kleine Bewegungen, immer nach der Richtung der Bewegung des Pendels: die Schneiden bewegen sich immer rechts, wenn das Pendel sich rechts bewegt und umgekehrt. Die Ausdehnung dieser Bewegung ist, den Versuchen zufolge, den Schwingungswinkeln proportional und für beide Schneiden gleich; sie schien für Agat-Glas- und Stahlebenen und für Glascylinder genau gleich, und für jeden Grad des Schwingungswinkels $u' = 0,^L00004$ zu sein; für Messingebenen $= 0,^L00033$; für Messingcylinder von 1,63 Lin. Durchmesser $= 0,^L00049$. Die sehr starke Vergröfserung unter welcher diese Bewegungen beobachtet wurden, zeigte, bei den beiden letzten Unterlagen deutlich, dafs das Maximum ihrer Schnelligkeit, mit dem Durchgange des Pendels durch die Lothlinie zusammenfällt. Die angegebenen Gröfsen aber sind weit weniger genau als man mit dem Apparate messen kann; denn es zeigten sich, vorzüglich bei den weicheren Unterlagen, Unterschiede, welche weit aufser den Grenzen der Messungsfehler lagen, so dafs z. B. bei mehreren Wiederholungen des Versuchs auf den Messingcylindern, die Bewegung für einen Grad des Schwingungswinkels $= 0,^L00034$ gefunden wurde; ich habe daher nur Mittel aus vielen Resultaten angeben können, deren jedes ohne Zweifel von der Härte und Beschaffenheit der Stelle der Unterlage abhängig war, wo die Schneide jedesmal lag.

Diese Versuche zeigen, dafs die grofsen, im vorigen Art. angeführten Einwirkungen der Messingcylinder auf die Schwingungszeiten, nicht einer

Bewegung der Schneiden zugeschrieben werden dürfen. Bezeichnet man die beobachteten Einwirkungen auf die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, in beiden Lagen des Pendels, durch i und i', so entsprechen sie, nach den oben angeführten Entfernungen des Schwerpunkts von den Schneiden, Änderungen des Mittelpunkts der Bewegung von resp. $\frac{9}{5}i$ und $-\frac{4}{5}i'$; sollten diese wirklich stattfinden, so müfste der ruhende Punkt des Pendels nicht in der Schärfe der Schneide selbst liegen, sondern für die erste Schneide $\frac{9}{5}i$ unterhalb, für die andere $\frac{4}{5}i'$ oberhalb derselben, woraus also Bewegungen der Schneiden folgen würden, welche $\frac{18}{5}i \operatorname{Sin} u'$ und $\frac{8}{5}i' \operatorname{Sin} u'$ betragen. Beide sind ungleich kleiner beobachtet worden, die erste sogar nach der entgegengesetzten Richtung.

Auch können die beobachteten Bewegungen nicht der Unzulänglichkeit der Reibung zum Festhalten der Schneiden zugeschrieben werden. Da nämlich das Pendel ein fester Körper ist, welcher sich nicht um eine seiner freien Axen dreht, so ist eine Kraft erforderlich um seine Drehungsaxe fest zu halten; diese Kraft ist die Reibung auf den Unterlagen, allein wenn sie nicht völlig ausreichte, und daher die Bewegung der Schneiden nicht ganz aufhöbe, sondern nur auf eine kleine Quantität, im Verhältnisse $1 : \alpha$ reducirte, so würde diese übrig bleibende Bewegung immer der Schwingungsbewegung entgegengesetzt sein und den Ausdruck $-2\alpha s u'$ haben, wo s die Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide bedeutet. Sie müfste also nicht nur in der Richtung verschieden, sondern auch für beide Schneiden von ungleicher Gröfse sein; beides gegen die Erfahrung, welche also keinen Grund giebt, die Hinlänglichkeit der Reibung zum Festhalten der Axe zu bezweifeln.

Man sieht daher aus den Versuchen über die Schwingungszeiten und die Bewegung der Schneide, dafs die Unterlagen der Bewegung des Pendels eine Kraft entgegensetzen. Allein jede Kraft welche nur auf die Schärfe der Schneide wirkt, kann keinen Einflufs auf die Schwingungszeit haben: die Kraft mufs also aus einem Eindrucke entstehen, welchen die Schneide in die Unterlage macht, so dafs Punkte der ersteren, welche über der Schärfe liegen, mit der letzteren in Berührung kommen; oder aus einer Veränderung der Figur der Schneide durch den Druck und die Bewegung des Pendels; oder aus einer Zusammenwirkung beider Ursachen. Doch ist die zweite Ursache allein nicht hinreichend die Versuche zu erklären, indem

verschiedene Unterlagen dann gleiche Schwingungszeiten geben müfsten. Die Versuche zeigen daher, dafs die Schneide in die Unterlage einen Eindruck macht, woran aber auch aus anderen Gründen nicht gezweifelt werden kann.

Um die Art wie dieser Eindruck auf die Schwingungszeiten wirkt, näher zu untersuchen, habe ich, den in diesem Artikel angeführten Versuchen gemäfs, angenommen, dafs die Bewegung der Schneide den Schwingungswinkeln proportional ist; hieraus folgt, dafs ein Punkt in der Axe des Pendels, über der Schneide, vorhanden ist, welcher auch bei der Bewegung, in derjenigen lothrechten Ebene bleibt, in welcher die Axe des Pendels und die Schneide, im Zustande der Ruhe sich befinden. Die Entfernung dieses Punkts von der Schneide, welche ich durch h bezeichnen werde, wird durch die Ausdehnung der Bewegung der Schneide und den Schwingungswinkel bestimmt, und findet sich, aus den angeführten Angaben,

für die härteren Unterlagen $= 0,0012$
für Messingebenen ..... $0,0095$
für Messingcylinder ..... $0,0140$.

Nimmt man nun an, dafs der Schneide eine Kraft Q entgegenwirkt, welche von dem Orte der Schneide auf der Unterlage abhängig ist, oder

$$Q = a^{(0)} + a^{(1)}h \operatorname{Sin} u + a^{(2)}h^2 \operatorname{Sin} u^2 + \text{u. s. w....}$$

wo $h \operatorname{Sin} u$ die Entfernung der Schneide von dem Orte welchen sie bei der Ruhe des Pendels einnimmt, ist, so erhält man, der X. Beilage zufolge, die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, die dem ungestörten Pendel entsprechende $= l$ gesetzt:

$$l' = l + 2h - 2h\frac{l}{s}\left\{\frac{1}{2}a^{(1)}h + \frac{1.3}{2.4}a^{(3)}h^3 \operatorname{Sin} u'^2 + \frac{1.3.5}{2.4.6}a^{(5)}h^5 \operatorname{Sin} u'^4 + \text{u. s. w.}\right\}$$

die Abnahme des Schwingungswinkels, während einer Schwingung

$$= \frac{2h}{s}\left\{a^{(0)} + \frac{1}{3}a^{(2)}h^2 \operatorname{Sin} u'^2 + \frac{1}{5}a^{(4)}h^4 \operatorname{Sin} u'^4 + \text{u. s. w.....}\right\}$$

Man sieht hieraus, dafs die geraden Glieder im Ausdrucke der Kraft Q, vermöge welcher diese Kraft während der ganzen Schwingung der Bewegung entgegenwirkt, nur den Winkel ändern, auf die Zeit aber keinen Einfluſs haben; dafs dagegen die ungeraden Glieder, vermöge welcher die Kraft in

der ersten Hälfte der Schwingung die Bewegung befördert, in der zweiten hindert, die Zeit, aber nicht den Winkel ändern. Die beobachtete Einwirkung der Messingebenen mufs also von den ungeraden Gliedern herrühren, indem sie nur die Zeit änderte; sie mufs ferner aus dem ersten dieser Glieder entstanden sein, indem nur dieses einen vom Schwingungswinkel unabhängigen Einflufs giebt, so wie die Versuche erfordern, welche für gröfsere und kleinere Winkel übereinstimmende Zeiten ergeben.

Die Reibung, so wie man sie anzunehmen pflegt, ist eine constante, stets entgegenwirkende Kraft und wird daher durch $a^{(0)}$ der Formel dargestellt. Diese Kraft ist aber nicht mit den Versuchen vereinbar, denn sie hat keinen merklichen Einflufs auf die Schwingungszeit, und einen viel zu grofsen auf den Winkel. Setzt man nämlich $a^{(0)} = \frac{1}{5}$, welche Gröfse man der Reibung gewöhnlich beilegt, und $h = 0,''0095$ für die Messingebenen, so erhält man die Abnahme des Winkels, für beide Lagen des Pendels, $= 2,''6$ und $5,''9$, welche Zahlen so sehr viel gröfser sind als die ganze beobachtete, durch den Widerstand der Luft erklärliche Abnahme, dafs dieser Versuch der Annahme einer solchen Reibung bestimmt widerspricht.

Die Gröfse des Coefficienten $a^{(1)}$ welche angenommen werden mufs um den Versuch zu erklären, kann indessen nicht absolut bestimmt werden, sondern nur abhängig von dem ähnlichen, zu den härteren Unterlagen gehörenden Coefficienten. Wenn sich nämlich l' h, $a^{(1)}$ auf die Messingebenen, $l_,$, $h_,$, $a_,^{(1)}$ auf die härteren Unterlagen beziehen, so hat man

$$l' = l + 2h - \frac{l}{s} h^2 a^{(1)}$$

$$l_, = l + 2h_, - \frac{l}{s} h_,^2 a_,^{(1)}$$

oder

$$l' - l_, = 2h - 2h_, - \frac{l}{s} (hh\, a^{(1)} - h_, h_, a_,^{(1)})$$

Wenn man ferner das Maximum der Kraft Q, den am Anfange und am Ende der Schwingung wirkenden Werth derselben, für beide Arten der Unterlagen, durch Q' und $Q_,'$, bezeichnet, so hat man

$$Q' = a^{(1)} h \operatorname{Sin} u' \; ; \quad Q_,' = a_,^{(1)} h_, \operatorname{Sin} u'$$

und wenn man $a^{(1)}$ und $a_,^{(1)}$ hierdurch eliminirt,

$$\frac{h}{h - h_,} Q' - \frac{h_,}{h - h_,} Q_,' = \frac{s}{l} \left\{ \frac{l_, - l'}{h - h_,} + 2 \right\} \operatorname{Sin} u'$$

Giebt man den im December 1826 gemachten Versuchen auf Messingebenen, den Vorzug vor den späteren, indem jene die Störung der Schwingungszeit zeigten, ohne dafs die Oberfläche der Ebenen einen bleibenden Eindruck erhielt, was bei den späteren nicht der Fall war, so hat man für beide Lagen des Pendels

$l' - l'$	$+ 0,^L0280$;	$+ 0,^L0625$
s	305,3 ;	135,7
h	0,0095 ;	0,0095
$h_,$	0,0012 ;	0,0012

woraus also

$$\frac{95}{83} Q' - \frac{12}{83} Q_, = 3,7 \text{ Sin } u' \quad \text{und} \quad 3,0 \text{ Sin } u'$$

hervorgeht; man sieht hieraus, dafs die Kraft welche man annehmen mufs um den Versuch zu erklären, selbst bei Schwingungswinkeln von $1\frac{1}{2}°$, noch nicht den zehnten Theil der Schwere beträgt, also auch weit unter der Gröfse bleibt, welche man der Reibung beizulegen pflegt. Ich bemerke übrigens, dafs unter Q die Summe aller, auf die Schneide reducirten Kräfte verstanden werden kann, und dafs nicht gerade angenommen zu werden braucht, dafs nur die Schärfe derselben einer Kraft ausgesetzt ist.

Durch diese Rechnung wollte ich zeigen, dafs einerseits die gewöhnliche Reibung weder die Versuche erklärt, noch damit vereinbar ist, andererseits aber die Annahme einer sehr grofsen Kraft, zu ihrer Erklärung nicht nöthig ist. Es scheint also, dafs die Schneide, bei sehr kleinen Bewegungen, keine Reibung erfährt, sondern nur diejenige Kraft, welche aus der Verschiebung der Theile der Unterlage mit welchen sie, während ihrer sehr kleinen Bewegung, in Berührung bleibt, dadurch entsteht, dafs die Elasticität der Unterlage die verschobenen Theile wieder auf ihren ursprünglichen Ort zurückzuführen strebt. Sobald aber die Bewegung so grofs wird, dafs $a^{(1)}h$ Sin u' gröfser wird als $\frac{1}{5}$, so mufs die gewöhnliche Reibung eintreten. Alle Erscheinungen welche die Reibung darbietet, scheinen mit der Annahme vereinbar zu sein, dafs dieselbe aus den Eindrücken entsteht, welche die Oberflächen der sich reibenden Körper ineinander machen, und welche bei der Bewegung ihren Ort verändern; Rauhigkeit der Oberflächen vergröfsert Ursache und Wirkung.

Die Erscheinungen welche die Schwingungen auf Oberflächen darbieten, welche bleibende Eindrücke durch die Schneide erhalten, sind von den

hier untersuchten verschieden; auf Messingcylindern fand sich z. B. eine Änderung der Schwingungswinkel, und eine Abhängigkeit der Schwingungszeit von diesen Winkeln. Es müssen also hier die höheren Glieder des Ausdrucks der Kraft merklich werden; allein die Erscheinung wird dadurch so zusammengesetzt, dafs vermuthlich nichts allgemein anwendbares daraus gefolgert werden kann, und daher diese Versuche nur bemerkenswerth sind, weil sie eine stärker hervortretende Bestätigung davon geben, dafs Einwirkungen welche auf einen sehr kleinen Raum beschränkt sind, dennoch beträchtlichen Einfluſs auf die Bewegung eines Pendels erlangen können.

Nimmt man das was ich über die Einwirkung der Unterlagen auf die Bewegung gesagt habe, zusammen, so scheint daraus hervorzugehen, dafs die Schneide (indem sie sich in die Unterlage eindrückt, auch vielleicht Theile derselben über ihre ursprüngliche Oberfläche erhöhet, und dadurch, bei der Bewegung des Pendels, eine Bewegung der Materie der Unterlage erzeugt) sich nicht um ihre Schärfe, sondern um einen höheren oder niedrigeren Punkt dreht, je nachdem niedrigere oder höhere Theile der Unterlage leichter ausweichen. Dafs das erstere der Fall sei, deuten die Versuche an, indem man nicht wird annehmen können, dafs die Schneide noch beträchtlich über das oben bestimmte h hinaus, mit der Unterlage in Berührung ist.

31.

Ich habe geglaubt, bei diesen Erscheinungen etwas länger verweilen zu dürfen, indem sich daraus die bemerkenswerthe Folgerung ergiebt, dafs das Resultat eines Pendels mit reciproken Axen, von der Einwirkung der Unterlagen nur in sofern abhängig ist, als sie den Punkt um welchen es sich drehet, etwas erhöht. Wie auch die in der Nähe des Drehungspunkts wirkenden Kräfte beschaffen sein mögen, so ist ihr Einfluſs auf die entsprechende Pendellänge, stets der Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide umgekehrt proportional; oder man hat, durch die Schwingung um die erste Schneide

$$l' = l + 2h - 2h\,\frac{l}{s}\cdot A$$

und um die zweite

$$l_{,} = l_{,} + 2h_{,} - 2h_{,}\,\frac{l_{,}}{s_{,}}\cdot A$$

Wenn man aber die Schwingungszeiten um beide Schneiden gleich macht, und für l und $l_,$ ihre Ausdrücke:

$$l = \frac{\mu + ss}{s}, \quad l_, = \frac{\mu + s_, s_,}{s_,}$$

setzt, so folgt aus beiden Gleichungen

$$l' = s + s_, + h + h_, + \left(\frac{s + s_, - 2lA}{s - s_,}\right)(h - h_,)$$

Ich habe hier nicht angenommen, dafs h und $h_,$ gleich seien; sind sie gleich, so verschwindet das letzte Glied unmittelbar, sind sie ungleich, so verschwindet es durch eine Wiederholung der Versuche mit verwechselten Schneiden. Indem man das Pendel so einrichtet, dafs die Schneiden mit einander vertauscht werden können, erlangt man also, aufser dem im 25ten Art. erwähnten Vortheile, auch die möglichst vollständige Befreiung des Resultats von der Einwirkung der Unterlage.

Ich werde jetzt noch zeigen, wie das Pendel mit reciproken Axen, von welchem Herr Bohnenberger die Ehre der Erfindung, Herr Kater aber die Ehre der ausgezeichnetsten Anwendung besitzt, meiner Meinung nach eingerichtet werden mufs, damit alle Schwierigkeiten so viel als möglich beseitigt werden. Es mufs dasselbe, der äufseren Figur nach symmetrisch construirt werden, also, da es der Masse nach nicht symmetrisch sein darf, zwei gleich grofse und gegen die Schneiden gleich gestellte Linsen an einer Stange besitzen, deren eine mit Metall gefüllt, die andere hohl ist. Durch diese Einrichtung geht die Einwirkung der Luft aus der Rechnung, so dafs der Stand der meteorologischen Instrumente nur in sofern in Betracht kömmt, als er sich zwischen zusammengehörigen Versuchen ändert. In der That ist, nach dem 13ten Art., die entsprechende einfache Pendellänge für die Schwingung um die erste Schneide

$$l = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K + ss}{s\left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s'}{s}\right)},$$

für die andere, unter der Voraussetzung dafs beide Schwingungszeiten gleich gemacht worden sind, und dafs die Dichtigkeit der Luft gleich geblieben ist,

$$l = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K_, + s_, s_,}{s_,\left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s_,'}{s_,}\right)}.$$

Allein, wegen der Symmetrie der Construction ist $K_{,} = K$, $s'_{,} = s' = \frac{1}{2}(s + s_{,})$, also

$$ls - \frac{m'}{m} l \cdot \frac{s + s_{,}}{2} = \mu + \frac{m'}{m} K + ss$$

$$ls_{,} - \frac{m'}{m} l \cdot \frac{s + s_{,}}{2} = \mu + \frac{m'}{m} K + s_{,}s_{,}$$

woraus man

$$l = s + s_{,}$$

also unabhängig von der Einwirkung der Luft erhält.

Ferner müssen die Schneiden so eingerichtet werden, dafs sie mit einander verwechselt werden können. Dadurch verschwindet der Einflufs der cylindrischen Figur derselben völlig, so wie auch die Einwirkung der Unterlagen, selbst wenn sie für beide Schneiden verschieden ist, wie dieses, nach der Erfahrung des Herrn Sabine, für möglich gehalten werden mufs. Das Mittel aus Versuchen vor und nach der Verwechselung der Schneiden, giebt die Länge des gleichzeitig schwingenden Pendels $= s + s_{,} + h + h_{,}$, wo h und $h_{,}$, welche übrigens für harte Unterlagen sehr klein sind, durch die im vorigen Artikel beschriebene Einrichtung bestimmt werden können.

Endlich würde ich vorziehen, das bewegliche Gewicht wegzulassen, allein das Pendel so zu construiren, dafs die Schwingungszeiten in der Luft, um beide Schneiden nahe gleich werden, welches dadurch geleistet werden kann, dafs man die Stange, an welcher die Schneiden und die Linsen befindlich sind, anfänglich etwas zu lang läfst, und sie dann an beiden Enden symmetrisch, so lange abkürzt, bis die Gleichheit der Schwingungszeiten nahe stattfindet. Nennt man die beiden Schwingungszeiten, welche das Pendel in der Luft hat, auf eine gleiche Temperatur des Pendels und auf unendlich kleine Winkel reducirt, t und $t_{,}$, so hat man im Mittel aus allen Versuchen, vor und nach der Verwechselung der Schneiden

$$\lambda\, tt = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K\delta + ss}{s\left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s + s_{,}}{2s} \cdot \delta\right)}$$

$$\lambda\, t_{,}t_{,} = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K\delta_{,} + s_{,}s_{,}}{s_{,}\left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s + s_{,}}{2s_{,}} \cdot \delta_{,}\right)}$$

wo δ und $\delta_,$ die Dichtigkeiten der Luft, die bei der Berechnung von m' zum Grunde gelegte zur Einheit angenommen, bezeichnen. Hieraus folgt

$$\lambda\left\{tt\,.\,s - tt\cdot\frac{m'}{m}\cdot\frac{s+s_,}{2}\cdot\delta\right\} = \mu + \frac{m'}{m}K\delta + ss$$
$$\lambda\left\{t_,t_,.s_, - t_,t_,\cdot\frac{m'}{m}\cdot\frac{s+s_,}{2}\cdot\delta_,\right\} = \mu + \frac{m'}{m}K\delta_, + s_,s_,$$

und wenn man beide Gleichungen von einander abzieht und durch $s - s_,$ dividirt

$$\lambda\left\{\frac{tt+t_,t_,}{2} + \frac{1}{2}\cdot\frac{s+s_,}{s-s_,}\left(tt\left(1-\frac{m'}{m}\delta\right) - t_,t_,\left(1-\frac{m'}{m}\delta_,\right)\right)\right\}$$
$$= s + s_, + \frac{m'}{m}K\frac{(\delta-\delta_,)}{s-s_,}\;;$$

das letzte Glied dieses Ausdrucks bleibt unbekannt, allein wenn zwei zusammengehörige Versuche stets bald nach einander gemacht werden, so wird $\delta - \delta_,$ sehr klein sein, in welchem Falle man dieses Glied vernachläfsigen kann. Will man aber K selbst kennen lernen, so wird man es, aus den bei sehr verschiedenen Barometer- und Thermometerständen beobachteten Schwingungszeiten um jede der Schneiden, mit der zur Berechnung des letzten Gliedes hinreichenden Annäherung erhalten. Wenn man noch die aus h und $h_,$ hervorgehende Verbesserung anbringt, so erhält man hieraus:

$$\lambda = \frac{s + s_, + h + h_, + \frac{m'}{m}K\cdot\frac{(\delta-\delta_,)}{s-s_,}}{\frac{tt+t_,t_,}{2} + \frac{1}{2}\cdot\frac{s+s_,}{s-s_,}\left\{tt\left(1-\frac{m'}{m}\delta\right) - t_,t_,\left(1-\frac{m'}{m}\delta_,\right)\right\}}$$

Durch die Weglassung des beweglichen Gewichts wird man genöthigt, die Entfernung des Schwerpunkts des Pendels von beiden Schneiden zu bestimmen; allein da man t und $t_,$ willkürlich nahe gleich machen kann, so wäre hier eine rohe Annäherung hinreichend, obgleich es leicht ist, Mittel anzuwenden, wodurch man den Schwerpunkt sehr nahe richtig erhält. Der Vortheil den man dadurch erlangt, ist, dafs alle Versuche mit demselben Pendel genau vergleichbar werden, und dafs man die Schwierigkeit vermeidet, welche entsteht, wenn die anfängliche Berichtigung des beweglichen Gewichts, sich in der Folge der Versuche nicht vollständig bewährt. Ein solches Pendel, jedoch mit völlig befestigten Schneiden, mögte auch vor-

theilhafter als die bisher üblichen sein, wenn es darauf ankömmt, die Schwere an verschiedenen Orten zu vergleichen.

Das so eingerichtete Pendel leistet dasselbe, was ich durch meinen Apparat, auf einem ganz verschiedenen Wege, erhalten habe, in sofern nämlich dadurch die Unsicherheit über den Mittelpunkt der Bewegung, und die aus der Bewegung in der Luft entstehende Schwierigkeit, aus dem Resultate geschafft werden. Allein ob man wagen darf, nach der Entdeckung des Herrn Arago, dafs auch nicht eisenhaltige Substanzen magnetische Wirkungen äufsern, ein Pendel welches aus einer Stange construirt ist, anzuwenden, ist eine Frage, deren Beantwortung der Entdecker dieser merkwürdigen Eigenschaft vielleicht ertheilt: man könnte das Pendel mit der drehenden Scheibe von Messing in Herrn Arago's Versuchen, und den Erdmagnetismus mit der Nadel vergleichen, welche durch die Drehung in Bewegung gesetzt wurde. Dafs dieselbe Ursache auf ein Pendel, welches aus einer Kugel besteht, deren Durchmesser, vergleichungsweise mit der Länge des Fadens an welchem sie schwingt, sehr klein ist, einen merklichen Einflufs haben könnte, ist mir nicht denkbar. Die Versuche aus welchen Newton die Gleichheit der Schwere für alle irdischen Substanzen schlofs, hoffe ich, mit dem Apparate auf welchen meine Bestimmung der Pendellänge beruht, sehr bald zu wiederholen, um dadurch das Stattfinden dieser wichtigen Eigenschaft strenger zu prüfen.

Beilage I.

Bewegung eines, sich von einem horizontalen Cylinder abwickelnden Pendels.

1.

Durch die Axe des Abwickelungs-Cylinders lege man eine horizontale und eine verticale Ebene, und bezeichne die Entfernungen eines Punkts der durch die Abwickelung des Fadens entstehenden Curve, von der ersten Ebene durch x, von der anderen durch y; ferner den Winkel des Fadens mit der zweiten Ebene, durch u; seine Länge, von dem Berührungspunkte mit dem Cylinder an gerechnet, durch r; den Werth von r für $u=0$ durch ϱ; den Halbmesser des Cylinders durch a. Dann hat man, wenn man u nach der Richtung nach welcher der Faden sich abwickelt, positiv annimmt, $r = \varrho + au$

$$x = (\varrho + au)\,\mathrm{Cos}\,u - a\,\mathrm{Sin}\,u$$
$$y = (\varrho + au)\,\mathrm{Sin}\,u + a\,\mathrm{Cos}\,u.$$

Wenn λ die Länge des einfachen Secundenpendels bedeutet und die Zeit t in mittleren Secunden ausgedrückt wird, so ist die Differentialgleichung der Bewegung eines Punktes auf einer vorgeschriebenen Curve bekanntlich

$$c = \frac{dx^2 + dy^2}{dt^2} - 2\pi^2\lambda . x$$

für unsern Fall also

$$c = (\varrho + au)^2 \left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda . \{(\varrho + au)\,\mathrm{Cos}\,u - a\,\mathrm{Sin}\,u\};$$

und wenn man den Winkel bei welchem die Schwingung anfängt, durch $-u'$ bezeichnet:

$$(\varrho + au)^2 \left(\frac{du}{dt}\right)^2 = 2\pi^2\lambda \{(\varrho + au)\,\mathrm{Cos}\,u - a\,\mathrm{Sin}\,u - (\varrho - au')\,\mathrm{Cos}\,u' - a\,\mathrm{Sin}\,u'\} \ldots\ldots (1)$$

2.

Die Untersuchungen über die Einwirkung störender Ursachen auf die Bewegung eines Pendels, erfordern meistentheils, dafs man diese Bewegung aus einer Differentialgleichung von der Form:

$$c = (1+2f'u)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2nn\,\{\mathrm{Cos}\,u + fu\}$$

bestimme, in welcher $f'u$, fu Functionen von u, von der Ordnung der störenden Ursache sind. Ich werde daher, bei dieser Gelegenheit, die Bewegung entwickeln, welche eine Folge dieser Gleichung ist, unter der Voraussetzung, dafs man die Annäherung nicht über die erste Ordnung von fu und $f'u$ hinaustreibt.

Die Winkelgeschwindigkeit des Pendels verschwindet, wenn

$$0 = c + 2nn\,(\mathrm{Cos}\,u + fu)$$

ist; am Anfange einer Schwingung ist dieses der Fall, und das u welches dem Ende derselben entspricht, ist eine zweite Wurzel dieser Gleichung. Nennt man die erstere $= -u'$, die andere $= u' - \delta u'$, so erhält man

$$\delta u' = \frac{f(-u') - fu'}{\mathrm{Sin}\,u'}\;; \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

denselben Werth, mit entgegengesetzten Zeichen, erhält man für die entgegengesetzte Schwingung. Die Winkel bleiben also ungeändert; ihr Ausdruck durch den beobachteten Schwingungswinkel, d. i. durch die halbe Summe beider Entfernungen des Pendels von der Lothlinie $= u''$, ist

$$\text{für die negative Grenze} = -u'' - \frac{f(-u') - fu'}{\mathrm{Sin}\,u'}$$

$$\text{für die positive Grenze} = u'' + \frac{f(-u') - fu'}{\mathrm{Sin}\,u'}$$

Dieses setzt voraus, dafs fu von der Richtung der Bewegung unabhängig ist; ist dieses nicht der Fall, sondern ist es eine zweiförmige Function, welche für beide Richtungen der Bewegung einen verschiedenen Ausdruck erhält, so findet die Unveränderlichkeit der Winkel nicht statt.

Um die Relation zwischen t und u zu erhalten, führe ich einen neuen Winkel ϕ ein, so dafs $\mathrm{Cos}\,u + fu$ dem Producte des Cosinus dieses Winkels in eine Constante gleich wird. Damit ϕ immer möglich bleibe und auch $= 0$ werden könne, ist es erforderlich, dafs die Constante das Maximum von $\mathrm{Cos}\,u + fu$, oder, in Gröfsen von der Ordnung von fu richtig, $= 1 + f0$ ist. Man hat also

$$(1+f0)\,\mathrm{Cos}\,\phi = \mathrm{Cos}\,u + fu,$$

woraus

$$u = \phi + \frac{f\phi - f0 \,.\, \mathrm{Cos}\,\phi}{\mathrm{Sin}\,\phi}$$

folgt. Setzt man dieses in die Differentialgleichung, so verwandelt sie sich in

$$(1 + 2f'\phi)\left\{\frac{d\phi + d\,\frac{f\phi - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,\phi}{\mathrm{Sin}\,\phi}}{dt}\right\}^2 = 2nn\,(1+f0)\,\{\mathrm{Cos}\,\phi - \mathrm{Cos}\,\phi'\}$$

Nimmt man auf beiden Seiten des Gleichheitszeichens die Quadratwurzel, so erhält man

$$dt = \pm\frac{d\phi}{n\sqrt{(2\mathrm{Cos}\,\phi - 2\mathrm{Cos}\,\phi')}} \pm \frac{(f'\phi - \frac{1}{2}f0)\,d\phi + d\,\frac{f\phi - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,\phi}{\mathrm{Sin}\,\phi}}{n\sqrt{(2\mathrm{Cos}\,\phi - 2\mathrm{Cos}\,\phi')}}$$

wo das obere Zeichen für Schwingungen in positiver Richtung gilt, das untere für entgegengesetzte.

Das Integral dieses Differentials, von $\mp\phi'$ bis $\pm\phi'$ genommen, ist die Dauer einer ganzen Schwingung; will man sie von dem beobachteten Schwingungswinkel u'' abhängig machen, so hat man, nach vollendeter Integration, ϕ' durch u'' auszudrücken, wodurch man erhält

$$-\phi' = -u' + \frac{f(-u') - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u'}{\mathrm{Sin}\,u'} = -u'' - \frac{2f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u' - fu' - f(-u')}{2\mathrm{Sin}\,u'}$$

$$\phi' = u' - \frac{fu' - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u'}{\mathrm{Sin}\,u'} = u'' + \frac{2f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u' - fu' - f(-u')}{2\mathrm{Sin}\,u'}$$

Das erste Glied des Integrals ist bekanntlich

$$= \frac{\pi}{n}\left\{1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,\phi'^2 + \left(\frac{1\,.\,3}{2\,.\,4}\right)^2 \mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,\phi'^4 + \ldots\ldots\right\} = \frac{\pi}{n}\,F\phi'\,;$$

also, durch u'' ausgedrückt

$$= \frac{\pi}{n}\left\{Fu'' + \frac{dFu''}{du''}\cdot\frac{2f0\,\mathrm{Cos}\,u' - fu' - f(-u')}{2\mathrm{Sin}\,u'}\right\};$$

in dem zweiten, welches von der Ordnung der störenden Ursache ist, kann u für ϕ geschrieben werden. Man erhält dadurch den Ausdruck der, für entgegengesetzte Richtungen der Bewegung gleichen Schwingungszeit:

$$= \frac{\pi}{n}\left\{Fu'' + \frac{dFu''}{du''}\cdot\frac{2f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u' - fu' - f(-u')}{2\mathrm{Sin}\,u'}\right\}$$

$$+ \frac{1}{n}\int\frac{(f'u - \frac{1}{2}f0)\,du + d\,\frac{fu - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u}{\mathrm{Sin}\,u}}{\sqrt{(2\mathrm{Cos}\,u - 2\mathrm{Cos}\,u')}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

wo das Integral von $-u'$ bis $+u'$ genommen wird.

3.

Wenn die Schwingungen sehr klein sind, wie es bei den Beobachtungen der Pendel der Fall ist, so wird man die Producte der Störungen in die höheren Potenzen von u' meistentheils vernachläfsigen dürfen; wenn man für fu und $f'u$ die Formen

$$fu = \alpha + \alpha' \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u + \alpha'' \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u^2 + \text{u. s. w.}$$
$$f'u = \beta + \beta' \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u + \beta'' \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u^2 + \text{u. s. w.}$$

annimmt, und die Producte der Coefficienten dieser Reihen in die über das Quadrat hinausgehenden Potenzen von u' vernachläfsigt, so findet man:

$$\frac{2f0 \cdot \operatorname{Cos} u' - fu' - f(-u')}{2} = -(2\alpha + \alpha'') \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2$$

$$f'u - \tfrac{1}{2} f.0 + \frac{d\left(\frac{fu - f0 \cdot \operatorname{Cos} u}{\operatorname{Sin} u}\right)}{du} = \beta + \frac{\alpha''}{4} + \left(\beta' + \frac{\alpha'}{4} + \frac{\alpha'''}{2}\right) \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u + \left(\beta'' + \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha''}{4} + \frac{3\alpha''''}{4}\right) \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u^2$$

und hieraus den, bis zu der angegebenen Grenze vollständigen Ausdruck der Schwingungszeit:

$$= \frac{\pi}{n} \left\{ Fu'' \left(1 + \beta + \frac{\alpha''}{4}\right) + \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2 \left(\frac{\beta''}{2} + \frac{3\alpha''''}{8}\right) \right\}$$

Nennt man die Länge des einfachen Pendels, welches mit dem hier betrachteten gleichzeitig, von $-u''$ bis $+u''$, schwingt $= l$, so ist

$$\frac{l}{\lambda} (Fu'')^2 = \frac{\pi\pi}{nn} \left\{ Fu'' \left(1 + \beta + \frac{\alpha''}{4}\right) + \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2 \left(\frac{\beta''}{2} + \frac{3\alpha''''}{8}\right) \right\}^2$$

woraus

$$l = \frac{\pi^2 . \lambda}{nn} \left\{ 1 + 2\beta + \frac{\alpha''}{2} + \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2 \left(\beta'' + \frac{3\alpha''''}{4}\right) \right\} \cdots\cdots (4)$$

folgt.

4.

Für das Pendel, dessen Bewegung hier betrachtet werden sollte, ist (1)

$$f'u = \frac{\alpha}{\varrho} \left\{ 2 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u + \tfrac{1}{3} \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u^3 + \cdots \right\}$$
$$fu = \frac{\alpha}{\varrho} \left\{ \tfrac{1}{3} \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u^3 + \cdots \right\}$$
$$nn = \frac{\pi^2 \lambda}{\varrho}$$

also $\beta = \beta'' = \alpha'' = \alpha'''' = o$, und daher

$$l = \varrho$$

oder es vollendet eine ganze Schwingung in derselben Zeit, in welcher ein vom Mittelpunkte des Abwickelungs-Cylinders eben so tief herabhängendes einfaches Pendel sie vollenden würde.

Beilage II.

Einfluſs der Federkraft des Fadens auf seine Figur und die Schwingungszeit des Pendels.

1.

Ich werde zuerst die Figur bestimmen, welche ein nicht völlig biegsamer Faden von gegebener Länge ($= S$) annimmt, wenn er am oberen Ende befestigt ist, dann über einen horizontalen, festen Cylinder (dessen Halbmesser $= a$) geht, und am unteren Ende durch eine Kraft ($= T''$) gezogen wird, welche mit der Lothlinie einen Winkel ω'' macht.

Den Mittelpunkt des Cylinders nehme ich zum Anfangspunkte der Coordinaten x und y, und zwar bezeichnet die erste die Entfernung eines Punkts von der durch den Mittelpunkt des Cylinders gelegten horizontalen Linie, die andere die Entfernung von der Lothlinie durch denselben Mittelpunkt; die erstere ist unterwärts positiv, die andere auf der Seite auf welcher der Faden den Cylinder berührt. Für den festen Anfangspunkt sind die Coordinaten x' und y', für den Endpunkt x'' und y''. Der Winkel des Fadens mit der Lothlinie wird allgemein durch ϕ, also für den Anfang und das Ende derselben durch ϕ' und ϕ'' bezeichnet.

Nach dem Principe der virtuellen Geschwindigkeiten ist die charakteristische Eigenschaft der Figur, welche der Faden im Gleichgewicht annimmt, daſs, wenn man diese Figur unendlich wenig variirt (so daſs die Variation mit den Bedingungen verträglich bleibt, welchen die Figur entsprechen soll) und nun die auf jeden Punkt wirkende Kraft, in die auf ihre Richtung bezogene Variation des Punkts multiplicirt, die Summe aller dieser Producte verschwindet. Die hierauf gegründete Methode, welche Lagrange in der unsterblichen *Mécanique analytique* gegeben hat, werde ich hier anwenden.

2.

Die Federkraft des Fadens kann als eine Kraft angesehen werden, welche verschwindet wenn der Faden gerade ist, und welche die Krümmung zu vermindern sucht wenn er krumm ist. Nach den im 1ten Art. eingeführten Bezeichnungen, sucht also diese Kraft ($= E$) die Veränderung des Winkels ϕ, an jedem Punkte des Fadens, zu vermindern. Wenn man daher diesen Winkel in der variirten Curve durch $\phi + \delta\phi$ bezeichnet, also seine Veränderungen in der Curve des Gleichgewichts und in der variirten durch $d\phi$ und $d\phi + d\delta\phi$, so ist das Product der Kraft in die auf ihre Richtung bezogene Variation $= E\, d\delta\phi$, und daher die Summe aller dieser Produkte

$$= \int E\, d\delta\phi.$$

Ich werde auch den Anfangspunkt des Fadens als frei, und der Einwirkung einer Kraft ausgesetzt annehmen, welche der Kraft womit der Faden den Befestigungspunkt zieht, gleich, aber in entgegengesetzter Richtung angebracht ist. Diese unbekannte Kraft bezeichne ich durch T' und den gleichfalls unbekannten Winkel den sie mit der Lothlinie macht durch $180° + \omega'$. Aus dieser Kraft und der am Ende des Fadens, im Winkel ω'' wirkenden Kraft T'', erhält man die Kräfte nach der Richtung

$$\begin{aligned} &\text{der } x \ldots\ldots - T' \operatorname{Cos} \omega' \text{ und } T'' \operatorname{Cos} \omega'' \\ &\text{der } y \ldots\ldots - T' \operatorname{Sin} \omega' \text{ und } T'' \operatorname{Sin} \omega'' \end{aligned}$$

und diese, in die Variationen der Coordinaten multiplicirt, ergeben Producte welche der oben schon gefundenen Summe hinzugefügt, die vollständige Bedingungsgleichung des Gleichgewichts geben. Man hat diese daher:

$$o = - T' \operatorname{Cos} \omega' \delta x' - T' \operatorname{Sin} \omega' . \delta y' + T'' \operatorname{Cos} \omega'' . \delta x'' + T'' \operatorname{Sin} \omega'' . \delta y'' + \int E\, d\delta\phi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

In dieser Gleichung müssen die Variationen so genommen werden, dafs sie den Bedingungen nicht zuwider sind, welchen die Figur des Fadens entsprechen mufs. Die erste dieser Bedingungen ist, dafs die Coordinaten x und y in der Curve des Gleichgewichts, und die Coordinaten $x + \delta x$ und $y + \delta y$ in der variirten, einem und demselben Punkte des Fadens entsprechen, oder dafs die Länge des Fadens, vom Anfange desselben bis zu diesem Punkte, in beiden Curven gleich ist; diese Bedingung giebt daher:

$$\int V(dx^2+dy^2) = \int V\{(dx+d\delta x)^2+(dy+d\delta y)^2\},$$

oder, wenn ds das Differential der Länge bezeichnet,

$$0 = \int\left\{\frac{dx}{ds}\,d\delta x + \frac{dy}{ds}\,d\delta y\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Die andere Bedingung erfordert, dafs beide Curven die Oberfläche des Cylinders berühren, oder dafs für die den Curven und der Oberfläche des Cylinders gemeinschaftlichen Punkte

$$aa = xx+yy = (x+\delta x)^2+(y+\delta y)^2$$

sei, woraus für diese Punkte die Bedingungsgleichung

$$0 = x\delta x + y\delta y \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

folgt.

3.

Da der Gleichung (2) in der ganzen Ausdehnung des Fadens Genüge geleistet werden mufs, so kann man sie mit der Gleichung (1) vereinigen, indem man sie, unter dem Integralzeichen, mit einem unbestimmten Faktor λ multiplicirt, und das Product der Gleichung (1) hinzufügt; man erhält dadurch:

$$0 = -T'\,\mathrm{Cos}\,\omega'\delta x' - T'\,\mathrm{Sin}\,\omega'\delta y' + T'''\,\mathrm{Cos}\,\omega''\delta x'' + T'''\,\mathrm{Sin}\,\omega''\delta y''$$
$$+\int\left\{E\,d\delta\phi + \lambda\frac{dx}{ds}\,d\delta x + \lambda\frac{dy}{ds}\,d\delta y\right\} \ldots (4)$$

Um nun $d\delta\phi$ durch die Coordinaten x und y auszudrücken, hat man

$$\mathrm{Cos}\,\phi = \frac{dx}{ds}; \quad \mathrm{Cos}\,(\phi+\delta\phi) = \frac{dx+d\delta x}{ds}$$
$$\mathrm{Sin}\,\phi = \frac{dy}{ds}; \quad \mathrm{Sin}\,(\phi+\delta\phi) = \frac{dy+d\delta y}{ds}$$

woraus

$$\delta\phi = \frac{dx.d\delta y - dy.d\delta x}{ds^2}$$

folgt. Hierdurch verwandelt sich die Gleichung (4) in

$$0 = -T'\,\mathrm{Cos}\,\omega'\delta x' - T'\,\mathrm{Sin}\,\omega'.\delta y' + T'''\,\mathrm{Cos}\,\omega''\delta x'' + T'''\,\mathrm{Sin}\,\omega''\,\delta y''$$
$$+\int\left\{E\,d.\frac{dx.d\delta y}{ds^2} - E.d.\frac{dy\,d\delta x}{ds^2} + \lambda\frac{dx}{ds}\,d\delta x + \lambda\frac{dy}{ds}\,d\delta y\right\}$$

und ergiebt, nach gehöriger Integration,

$$0 = -T' \operatorname{Cos}\omega'\delta x' - T' \operatorname{Sin}\omega'\delta y' + T'' \operatorname{Cos}\omega''.\delta x'' + T'' \operatorname{Sin}\omega''\delta y''$$
$$+ E\left\{\frac{dx.d\delta y - dy.d\delta x}{ds^2}\right\} + \delta x\left\{\frac{dy.dE}{ds^2} + \lambda\frac{dx}{ds}\right\} - \delta y.\left\{\frac{dx.dE}{ds^2} - \lambda\frac{dy}{ds}\right\}$$
$$- \int \delta x\left\{d.\frac{dy.dE}{ds^2} + d.\lambda\frac{dx}{ds}\right\} + \int \delta y\left\{d.\frac{dx.dE}{ds^2} - d.\lambda\frac{dy}{ds}\right\} \ldots (5)$$

wo die aufser dem Integralzeichen stehenden Glieder für beide Endpunkte des Fadens genommen werden müssen.

4.

Die beiden Glieder unter dem Integralzeichen, müssen, für Theile des Fadens, welche nicht mit dem Cylinder in Berührnng sind, abgesondert verschwinden, indem sowohl δx als δy willkürlich bleiben müssen. Man hat daher für die freien Theile des Fadens:

$$0 = d.\frac{dy.dE}{ds^2} + d.\lambda\frac{dx}{ds}$$
$$0 = d.\frac{dx.dE}{ds^2} - d.\lambda\frac{dy}{ds}$$

und durch Integration dieser Gleichungen,

$$c = \frac{dy.dE}{ds^2} + \lambda\frac{dx}{ds}$$
$$c' = \frac{dx.dE}{ds^2} - \lambda\frac{dy}{ds}$$

woraus unmittelbar folgt:

$$\lambda = c\frac{dx}{ds} - c'\frac{dy}{ds} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$
$$\frac{dE}{ds} = c\frac{dy}{ds} + c'\frac{dx}{ds} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

und wenn man die letzte Gleichung integrirt,

$$E = cy + c'x + c'' \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

Für die Theile des Fadens welche den Cylinder berühren, fallen die Bedingungen des freien Gleichgewichts weg; und da die Berührung mit dem Cylinder auch die Variation von ϕ verhindert, so bleibt von der Gleichung (5), in Beziehung auf diese Theile, nur

$$0 = \delta x \left\{ d \cdot \frac{dy \cdot dE}{ds^2} + d \cdot \lambda \frac{dx}{ds} \right\} - \delta y \left\{ d \cdot \frac{dx \cdot dE}{ds^2} - d \cdot \lambda \frac{dy}{ds} \right\}$$

übrig. Allein die Bedingungsgleichung (3) giebt die Relation von δx und δy für diese Theile, und mit ihrer Anwendung verwandelt sich die eben gegebene Gleichung in

$$0 = y d \cdot \frac{dy \cdot dE}{ds^2} + x d \cdot \frac{dx \cdot dE}{ds^2} + y \cdot d \cdot \lambda \frac{dx}{ds} - x \cdot d \cdot \lambda \frac{d^2 y}{ds}$$

Führt man die hier angedeuteten Differentiationen aus, und setzt man dabei, der Oberfläche des Cylinders gemäfs:

$$0 = x dx + y dy; \quad 0 = dx^2 + dy^2 + x d^2 x + y d^2 y$$

so erhält man aus dieser Gleichung, also gültig für die Theile des Fadens welche den Cylinder berühren,

$$0 = dE - a d\lambda,$$

oder wenn d eine willkürliche Constante ist,

$$d = E - a\lambda \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

5.

Die Glieder der Gleichung (5), welche sich auf den Anfangspunkt und den Endpunkt des Fadens beziehen, ergeben die beiden Gleichungen:

$$0 = E' \left\{ \frac{dx' \cdot d\delta y' - dy' \cdot d\delta x'}{ds^2} \right\} + \delta x' \left\{ - T' \operatorname{Cos} \omega' + \frac{dy' \cdot dE'}{ds^2} + \lambda' \frac{dx'}{ds} \right\} + \delta y' \left\{ - T' \operatorname{Sin} \omega' - \frac{dx' \cdot dE'}{ds^2} + \lambda' \frac{dy'}{ds} \right\}$$

$$0 = E'' \left\{ \frac{dx'' \cdot d\delta y'' - dy'' \cdot d\delta x''}{ds^2} \right\} + \delta x'' \left\{ T'' \operatorname{Cos} \omega'' + \frac{dy'' \cdot dE''}{ds^2} + \lambda'' \frac{dx''}{ds} \right\} + \delta y'' \left\{ T'' \operatorname{Sin} \omega'' - \frac{dx'' \cdot dE''}{ds^2} + \lambda'' \frac{dy''}{ds} \right\}$$

Da beide Endpunkte als frei angenommen sind, so bleiben die Variationen der Coordinaten, so wie auch ihre Differentialquotienten, willkürlich; man hat daher

$$\left.\begin{aligned}
0 &= E' \\
0 &= -T'\,\mathrm{Cos}\,\omega' + \frac{dy'.dE'}{ds^2} + \lambda'.\frac{dx'}{ds} \\
0 &= -T'\,\mathrm{Sin}\,\omega' - \frac{dx'.dE'}{ds^2} + \lambda'.\frac{dy'}{ds} \\
0 &= E'' \\
0 &= T''\,\mathrm{Cos}\,\omega'' + \frac{dy''.dE''}{ds^2} + \lambda''.\frac{dx''}{ds} \\
0 &= T''\,\mathrm{Sin}\,\omega'' - \frac{dx''.dE''}{ds^2} + \lambda''.\frac{dy''}{ds}
\end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots (10)$$

Indem die Integrale in der Gleichung (5) nicht ohne Unterbrechung vom Anfange des Fadens bis zum Ende genommen werden, sondern für die freien und für die den Cylinder berührenden Theile eine verschiedene Bedeutung haben, so gelten die daraus abgeleiteten Gleichungen (6), (7), (8) zwar für alle freien Theile des Fadens, aber die Constanten c, c', c'' sind für die beiden, durch den Cylinder getrennten Theile nicht nothwendig dieselben. Ich werde für den oberen Theil die Bezeichnung $c_,$, $c_,'$, $c_,''$ beibehalten, für den unteren aber $c_,$, $c_,'$, $c_,''$, schreiben. Hiernach verwandeln sich die Gleichungen (10), mittelst (6), (7), (8) in

$$\left.\begin{aligned}
0 &= cy' + c'x' + c'' \\
0 &= -T'\,\mathrm{Cos}\,\omega' + c \\
0 &= -T'\,\mathrm{Sin}\,\omega' - c' \\
0 &= c_,y'' + c_,'x'' + c_,'' \\
0 &= T''\,\mathrm{Cos}\,\omega'' + c_, \\
0 &= T''\,\mathrm{Sin}\,\omega'' - c_,'
\end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

6.

Um die Figur des Fadens zu bestimmen, mufs E durch die Federkraft desselben ausgedrückt werden. Ich werde dabei den Faden als gleichförmig annehmen, und übrigens dieselbe Hypothese anwenden, welche man den Untersuchungen der elastischen Linie immer zum Grunde gelegt hat: man denkt sich nämlich einen unendlich kleinen Theil des Fadens, an beiden Enden, durch unbiegsame gerade Linien fortgesetzt, die eine dieser Linien als fest, die andere, in der Entfernung e von dem unendlich kleinen Theil

des Fadens, der senkrechten Einwirkung einer Kraft k ausgesetzt, welche Kraft daher den Faden krümmt, so dafs er einen Krümmungshalbmesser erhält, welchen ich durch h bezeichne; setzt man für e, k, h andere Werthe, e', k', h', so ist die erwähnte Hypothese, dafs die Krümmungshalbmesser sich umgekehrt verhalten wie die Drehungsmomente der Kräfte, oder

$$h : h' = e'k' : ek$$

woraus

$$e'k' = \frac{ekh}{h'}$$

folgt. Dieses $e'k'$ ist die durch E bezeichnete (in der Entfernung 1 angenommene) Kraft; h' ist der Krümmungshalbmesser der Curve, und ehk, welches ich in der Folge durch μ bezeichnen werde, ist das Maafs der Federkraft des Fadens. Da die Curve der Axe ihre hohle Seite zukehrt, so ist also

$$E = -\frac{\mu dx . d^2y}{\sqrt{\{dx^2 + dy^2\}^3}}.$$

7.

Wenn man für E den Ausdruck (8) setzt, so erhält man die Differentialgleichung der Curve

$$\frac{-\mu dx . d^2y}{\sqrt{\{dx^2 + dy^2\}^3}} = cy + c'x + c'' \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

und wenn man dieselben mit $c\,dy + c'\,dx$ multiplicirt, integrirt und durch e eine willkürliche Constante bezeichnet

$$\mu \left\{\frac{c\,dx - c'\,dy}{\sqrt{(dx^2 + dy^2)}}\right\} = e + \frac{1}{2}\{cy + c'x + c''\}^2 \ldots\ldots (13)$$

woraus das vollständige Differential

$$c'\,dy - c\,dx = \frac{\pm (c\,dy + c'\,dx)\left\{e + \frac{1}{2}(cy + c'x + c'')^2\right\}}{\sqrt{\left\{\mu\mu\,(cc + c'c') - \left(e + \frac{1}{2}(cy + c'x + c'')^2\right)^2\right\}}} \ldots (14)$$

folgt, dessen Integral die endliche Gleichung der Curve ist.

Nimmt man das Integral (13) vom Anfange des Fadens, bis zu dem Punkte, wo derselbe anfängt, den Cylinder zu berühren, und bezeichnet man durch ψ' den Winkel der Tangente an diesem Punkte mit der Lothlinie, so erhält man eine Gleichung zwischen ϕ' und ψ'; nimmt man dann das

Integral von (14) zwischen denselben Grenzen, so ergiebt es, da die Coordinaten des Berührungspunkts von ψ' abhängen, nämlich

$$x_{,} = -a \operatorname{Sin} \psi' \; ; \quad y_{,} = a \operatorname{Cos} \psi' \, ,$$

eine zweite Gleichung zwischen denselben Winkeln, so dafs beide durch x', y', T'', ω' gegeben sind. Auf dielbe Art hat man zwei Gleichungen für die ähnlichen Winkel ϕ'' und ψ'', welche zu dem Theile des Fadens zwischen dem Cylinder und dem Ende gehören, wodurch auch diese durch x'', y'', T''', ω'' gegeben werden.

Wenn der Faden zwischen den Punkten ψ' und ψ'' ganz auf der Cylinderfläche aufliegt, so zeigt die Gleichung (9), dafs λ an diesen Punkten gleich ist; denn E hängt von dem Krümmungshalbmesser des Fadens ab, und dieser ist für die Cylinderfläche unveränderlich: man hat also, aus (6)

$$c \operatorname{Cos} \psi' - c' \operatorname{Sin} \psi' = c_{,} \operatorname{Cos} \psi'' - c_{,}' \operatorname{Sin} \psi''$$

und wenn man für die Constanten ihre Ausdrücke (11) schreibt,

$$- T'' \operatorname{Cos} (\omega' - \psi') = T''' \operatorname{Cos} (\psi'' - \omega'') \ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

Ferner ergiebt (8)

$$E_{,} = c y_{,} + c' x_{,} + c'' \; ; \quad E_{,,} = c_{,} y_{,,} + c_{,}' x_{,,} + c_{,}''$$

oder, da beide $= \frac{\mu}{a}$ sind, nach (11)

$$\frac{\mu}{a} = a T'' \operatorname{Cos} (\omega' - \psi') + c'' = - a T''' \operatorname{Cos} (\psi'' - \omega'') + c_{,}''$$

woraus, in Verbindung mit (15)

$$c'' = c_{,}'' = \frac{\mu}{a} - a T'' \operatorname{Cos} (\omega' - \psi') \ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

folgt. Diese drei Gleichungen (15) und (16) und eine vierte, welche man durch den Ausdruck der ganzen Länge des Fadens erhält, bestimmen die in den Ausdrücken von ϕ', ψ', ϕ'', ψ'' noch unbekannt gebliebenen T'', ω', x'', y''.

Wenn dagegen der Faden den Cylinder nur in einem Punkte berührt, so hat man $\psi' = \psi''$, und die Gleichungen (6) und (8) ergeben

$$- T'' \operatorname{Cos} (\omega' - \psi') = T''' \operatorname{Cos} (\psi'' - \omega'')$$
$$c'' = c_{,}''$$

wodurch, wiederum mit dem Ausdrucke der ganzen Länge des Fadens verbunden, alle unbekannten Gröfsen bestimmt werden.

8.

Die Durchführung der hier angedeuteten Auflösung der Aufgabe, hat aber die Schwierigkeit, dafs die Integration des Differentials (14) von einer transcendenten Function abhängt, welche die Elimination der verschiedenen unbekannten Gröfsen nicht erlaubt. Diese Schwierigkeit wird vermieden, wenn der Faden, auf beiden Seiten des Cylinders unendlich lang angenommen wird, wodurch er, an seinen beiden Endpunkten dieselbe Richtungen erhält, in welchen die Kräfte T' und T'' ihn ziehen; es ist überdies klar, dafs dann beide Kräfte gleich und beide Schenkel der Curve symmetrisch werden. Ich werde die Aufgabe „die Figur eines unendlich langen Fadens „zu bestimmen, welcher in gegebenen Richtungen $180° + \omega'$ und ω'', von „gleichen Kräften T'' gezogen wird, aber einen Cylinder berührt" ganz entwickeln, weil diese nicht merklich von der verschieden ist, welche der Pendelapparat darbietet. Denn hier ist μ, vergleichungsweise mit T'', eine sehr kleine Gröfse, und daher die Krümmung des Fadens, in einigermafsen erheblicher Entfernung vom Cylinder, unmerklich, so dafs es gleichgültig ist, ob man seine Länge als endlich, oder als unendlich ansieht.

Um der Gleichung (14) eine einfachere Gestalt zu geben, werde ich neue rechtwinklichte Coordinaten ξ und η einführen, so dafs die ersteren auf den Asymptoten an die Schenkel der Curve gezählt werden, und zwar an dem Punkte anfangen, wo diese Schenkel aufhören mit dem Cylinder in Berührung zu sein; den Werth von η für $\xi = 0$, bezeichne ich durch b. Man erhält dadurch für den oberen Schenkel,

$$\left.\begin{aligned} x &= -\xi \operatorname{Cos}\omega' - (b-\eta)\operatorname{Sin}\omega' - a\operatorname{Sin}\psi' \\ y &= -\xi \operatorname{Sin}\omega' + (b-\eta)\operatorname{Cos}\omega' + a\operatorname{Cos}\psi' \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots (17)$$

und für den unteren

$$\left.\begin{aligned} x &= \xi \operatorname{Cos}\omega'' - (b-\eta)\operatorname{Sin}\omega'' - a\operatorname{Sin}\psi'' \\ y &= \xi \operatorname{Sin}\omega'' + (b-\eta)\operatorname{Cos}\omega'' + a\operatorname{Cos}\psi'' \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots (18)$$

Durch diese neuen Coordinaten wird $cy + c'x + c''$, oder $c(y-y') + c'(x-x')$ (11), wenn man unter x', y' die Coordinaten eines unendlich entfernten Punkts versteht,

$$= T''.\eta;$$

ferner ergiebt (13) für einen unendlich entfernten Punkt des Fadens

$$e = -T''.\mu,$$

und dann für $\xi = 0$, wo $\frac{dx}{ds} = \text{Cos}\,\psi'$, $\frac{dy}{ds} = \text{Sin}\,\psi'$ ist,

$$-T''\mu\,\text{Cos}\,(\omega'-\psi') = -T''\mu + \tfrac{1}{2}T''T'''.bb$$

oder

$$bb = \tfrac{2\mu}{T'''}\{1-\text{Cos}\,(\omega'-\psi')\}$$

$$b = 2\sqrt{\tfrac{\mu}{T'''}}\cdot\text{Sin}\,z \qquad\qquad (19)$$

wenn man $2z$ für $\omega'-\psi' = \psi''-\omega''$ schreibt.

Die Entscheidung über die Frage, welcher von beiden vorausgesetzten Fällen stattfindet, ob ψ' und ψ'' ungleich sind und der Faden dazwischen ganz auf dem Cylinder aufliegt, oder ob beide zusammenfallen und der Faden den Cylinder nur in einem Punkte berührt, wird durch die Gleichung

$$cy, + c'x, + c'' = E,$$

gegeben; man hat nämlich die Gröfse links vom Gleichheitszeichen $= T'''b$, und $E, = \frac{\mu}{h}$, wo h den Krümmungshalbmesser bezeichnet, woraus sich, wenn man für b seinen Ausdruck (19) setzt,

$$\text{Sin}\,z = \tfrac{1}{2h}\sqrt{\tfrac{\mu}{T'''}}$$

ergiebt. In dem ersten Falle ist h gleich dem Halbmesser des Cylinders, und $2z$ kleiner als $\frac{1}{2}(\omega'-\omega'')$, also

$$\text{Sin}\,z = \tfrac{1}{2a}\sqrt{\tfrac{\mu}{T'''}} \text{ und } \text{Sin}\,\tfrac{1}{4}(\omega'-\omega'') > \tfrac{1}{2a}\sqrt{\tfrac{\mu}{T'''}};$$

in dem zweiten Falle ist h nicht kleiner als der Halbmesser des Cylinders, aber $2z = \frac{1}{2}(\omega'-\omega'')$, also

$$\text{Sin}\,z = \text{Sin}\,\tfrac{1}{4}(\omega'-\omega'') \text{ und } \text{Sin}\,\tfrac{1}{4}(\omega'-\omega'') \leqq \tfrac{1}{2a}\sqrt{\tfrac{\mu}{T'''}}$$

wodurch also beide Fälle unterschieden werden.

Das Differential (14) verwandelt sich, durch Einführung der neuen Coordinaten, in

$$d\xi = \pm\sqrt{\tfrac{\mu}{T'''}}\cdot\frac{\left(1-\frac{T''}{2\mu}\eta\eta\right)d\eta}{\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}\eta\eta\right)}}$$

und es gilt das untere Zeichen indem η abnimmt wenn ξ wächst. Das Integral hiervon, von $\xi = 0$ angerechnet, ist

$$\xi = \sqrt{\frac{\mu}{T'''}}\left[\log\left\{\frac{b}{\eta}\cdot\frac{1+\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}\eta\eta\right)}}{1+\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}bb\right)}}\right\}+2\sqrt{\left(1-\frac{T'''}{4\mu}bb\right)}-2\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}\eta\eta\right)}\right] \quad (20)$$

Endlich hat man den Bogen der Curve, von $\xi = 0$ angerechnet,

$$s = \int\sqrt{\{d\xi^2+d\eta^2\}} = \sqrt{\frac{\mu}{T'''}}\log\left\{\frac{b}{\eta}\cdot\frac{1+\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}\eta\eta\right)}}{1+\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}bb\right)}}\right\}$$

$$= \xi + 2\sqrt{\frac{\mu}{T'''}}\left\{\sqrt{\left(1-\frac{T'''}{4\mu}\eta\eta\right)}-\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}bb\right)}\right\} \quad (21)$$

9.

Um den Punkt zu bestimmen, in welchem das untere Ende des Fadens sich befindet, wenn das obere fest ist, mufs man die ganze Länge desselben $= S$, durch auf die Curve sich beziehende Gröfsen ausdrücken. Man hat (21), wenn man η' und $\eta'' = 0$ und für b seinen Ausdruck (19) setzt,

$$s' = \xi' + 2\sqrt{\frac{\mu}{T'''}}(1-\cos z)$$

$$s'' = \xi'' + 2\sqrt{\frac{\mu}{T'''}}(1-\cos z)$$

also im ersten Falle

$$S = s'+s''+a(\psi'-\psi'') = \xi'+\xi''+4\sqrt{\frac{\mu}{T'''}}(1-\cos z)+a(\omega'-\omega'')-4az$$

und im zweiten Falle dieselbe Formel, indem alsdann $\omega'-\omega''=4z$ ist, also die beiden letzten Glieder verschwinden.

Bestimmt man nun den Ort der beiden Endpunkte des Fadens durch Perpendikel von dem Mittelpunkte des Cylinders auf die Axen der ξ' uud ξ'' gefällt, und durch die Entfernungen der Endpunkte von diesen Perpendikeln, und bezeichnet man die ersteren (welche für beide Schenkel gleich sind) durch p, die letzteren durch ϱ' und ϱ'', so hat man

$$p = b + a\cos 2z \quad (22)$$
$$\varrho' = \xi' - a\sin 2z$$
$$\varrho'' = \xi'' - a\sin 2z$$

und hiermit

$$S = \varrho' + \varrho'' - 2a\,(2z - \operatorname{Sin} 2z) + 4\sqrt{\tfrac{\mu}{T'''}}\,(1 - \operatorname{Cos} z) + a\,(\omega' - \omega'')$$

Versetzt man das Pendel in den Zustand der Ruhe und des freien Gleichgewichts, und bezeichnet man seine Tiefe unter dem Mittelpunkte des Cylinders, oder den Werth von ϱ'' für $\omega'' = 0$ und $T''' = 1$, durch ϱ, den diesem Zustande zugehörigen Werth von z durch z', so hat man, indem ϱ' durch eine Änderung von ω'' und T''' nicht geändert wird,

$$S = \varrho' + \varrho - 2a\,(2z' - \operatorname{Sin} 2z') + 4\sqrt{\mu}\,.\,(1 - \operatorname{Cos} z') + a\omega'$$

und wenn man aus beiden Ausdrücken S eliminirt:

$$\varrho'' = \varrho + a\omega'' + 2a\,(2z - \operatorname{Sin} 2z - 2z' + \operatorname{Sin} 2z') - 4\sqrt{\tfrac{\mu}{T'''}}\,(1 - \operatorname{Cos} z) + 4\sqrt{\mu}\,(1 - \operatorname{Cos} z') \quad \ldots\ldots\ldots (23)$$

wodurch also, da die Ausdrücke von z und b oben schon gegeben sind, die Aufgabe vollständig aufgelöst ist.

10.

Nachdem, durch das Vorhergehende, die Figur des Fadens und der Ort seines Endpunkts bestimmt worden sind, werde ich den Einfluſs der Federkraft auf die Schwingungszeit des Pendels untersuchen; ich werde dabei die Maſse des Pendels als im Endpunkte des Fadens vereinigt annehmen.

Man kann die Bewegung dieses Punkts als frei betrachten, oder seine Verbindung mit dem Faden ganz auſser Acht lassen, wenn man ihn als der Wirkung zweier Kräfte ausgesetzt ansieht, nämlich der Schwere und der die Figur des Fadens bestimmenden Kraft T''', diese in entgegengesetzter Richtung, oder im Winkel $180° + \omega''$ gegen die Lothlinie angenommen. Man hat dann die nach der Richtung der Coordinaten x'' und y'' wirkenden Kräfte

$$1 - T''' \operatorname{Cos} \omega'' \text{ und } - T''' \operatorname{Sin} \omega''$$

und also, da der Punkt als frei angenommen wird, die beiden Gleichungen

$$0 = \frac{d^2 x''}{dt^2} + \pi^2 \lambda\,(T''' \operatorname{Cos} \omega'' - 1)$$

$$0 = \frac{d^2 y''}{dt^2} + \pi^2 \lambda\,.\,T''' \operatorname{Sin} \omega''$$

wo λ die Länge des einfachen Secundenpendels, π die halbe Kreisperipherie und t die in mittleren Secunden ausgedrückte Zeit bedeuten. Setzt man für die rechtwinklichten Coordinaten ihre Ausdrücke durch ϱ'', p, ω'', nämlich:

$$x'' = \varrho'' \operatorname{Cos} \omega'' - p \operatorname{Sin} \omega''$$
$$y'' = \varrho'' \operatorname{Sin} \omega'' + p \operatorname{Cos} \omega''$$

und multiplicirt man die Gleichungen mit $\operatorname{Cos} \omega''$ und $\operatorname{Sin} \omega''$, ferner mit $-\operatorname{Sin} \omega''$ und $\operatorname{Cos} \omega''$, so sind die Summen ihrer Producte:

$$\left.\begin{aligned} 0 &= \frac{d^2\varrho''}{dt^2} - \varrho''\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 - 2\frac{dp}{dt}\cdot\frac{d\omega''}{dt} - p\,\frac{d^2\omega''}{dt^2} + \pi^2\lambda\,(T''' - \operatorname{Cos}\omega'') \\ 0 &= \frac{d^2p}{dt^2} - p\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 + 2\frac{d\varrho''}{dt}\cdot\frac{d\omega''}{dt} + \varrho''\cdot\frac{d^2\omega''}{dt^2} + \pi^2\lambda\,.\operatorname{Sin}\omega'' \end{aligned}\right\} \quad (24)$$

Man erhält ein erstes Integral dieser Gleichungen durch Integration der Summe der Producte der ersten in $2(d\varrho'' - p\,d\omega'')$, der zweiten in $2(\varrho''d\omega'' + dp)$, nämlich:

$$c = \left(\varrho''\frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\varrho''}{dt} - p\,\frac{d\omega''}{dt}\right)^2$$
$$- 2\pi^2\lambda\left\{\varrho''\operatorname{Cos}\omega'' - p\operatorname{Sin}\omega'' - \int T'''(d\varrho'' - p\,d\omega'')\right\} \ldots\ldots (25)$$

Das hier noch unter dem Integralzeichen stehende Glied ist, in beiden abgesonderten Fällen, ein vollständiges Differential. Man hat nämlich aus (22) und (23)

$$p = b + a\operatorname{Cos} 2z = 2\sqrt{\frac{\mu}{T'''}}\operatorname{Sin} z + a\operatorname{Cos} 2z$$
$$\varrho'' = \varrho + a\omega'' + 2a\,(2z - \operatorname{Sin} 2z - 2z' + \operatorname{Sin} 2z') - 4\sqrt{\frac{\mu}{T'''}}\,(1 - \operatorname{Cos} z)$$
$$+ 4\sqrt{\mu}\,(1 - \operatorname{Cos} z')$$

woraus

$$T'''(d\varrho'' - p\,d\omega'') = aT'''(1 - \operatorname{Cos} 2z)(d\omega'' + 4\,dz) - 2\sqrt{\mu T'''}.\operatorname{Sin} z\,(d\omega'' + 2\,dz)$$
$$+ 2\sqrt{\frac{\mu}{T'''}}\,(1 - \operatorname{Cos} z)\,dT'''$$

folgt. Im ersten Falle ist aber

$$\operatorname{Sin} z = \frac{1}{2a}\sqrt{\frac{\mu}{T'''}}$$

und wenn man hierdurch T''' eliminirt, das Differential

$$= -\frac{\mu}{2a}\,d\omega'' - \frac{2\mu}{a}\cdot\frac{\operatorname{Cos} z\,.\,dz}{1 + \operatorname{Cos} z} = -d\left\{\frac{\mu}{2a}\,\omega'' + \frac{2\mu}{a}\left(z - \operatorname{tgt}\frac{1}{2}z\right)\right\}.$$

Im anderen Falle ist

$$z = \tfrac{1}{4}(\omega' - \omega''), \quad dz = -\tfrac{1}{4} d\omega''$$

also das Differential

$$= 4\sqrt{\mu T'''}.\,\mathrm{Sin}\, z\, dz + 2\sqrt{\tfrac{\mu}{T''}}\,(1 - \mathrm{Cos}\, z)\, dT'' = 4d\left\{\sqrt{\mu T'''}.\,(1 - \mathrm{Cos}\, z)\right\}$$

Hierdurch verwandelt sich die Gleichung (25) im ersten Falle in

$$c = \left(\varrho'' \frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\varrho''}{dt} - p\,\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda\left\{\varrho''\,\mathrm{Cos}\,\omega'' - p\,\mathrm{Sin}\,\omega'' + \frac{\mu}{2a}\,\omega'' + \frac{2\mu}{a}\,(z - \mathrm{tgt}\tfrac{1}{2}z)\right\} \quad (26)$$

und im zweiten in

$$c = \left(\varrho'' \frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\varrho''}{dt} - p\,\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda\left\{\varrho''\,\mathrm{Cos}\,\omega'' - p\,\mathrm{Sin}\,\omega'' - 4\sqrt{\mu T'''}\,(1 - \mathrm{Cos}\, z)\right\} \ldots\ldots (27)$$

11.

Die weitere Integration werde ich unter der Bedingung ausführen, dafs das Pendel, vor dem Anfange der Bewegung, auf einer Ebene ruht, welche der Axe des Cylinders parallel, in dem Winkel $\omega'' = u'$ gegen die Lothlinie geneigt ist, und dafs die Bewegung durch das Wegnehmen dieser Ebene entsteht. Dieser Bedingung zufolge haben, am Anfange der Bewegung, oder für $t = 0$, ϱ'' und p die Werthe (23) und (22), und man hat ferner für dieselbe Zeit $\frac{d\omega''}{dt} = 0$, $\frac{d\varrho''}{dt} = 0$, $\frac{dp}{dt} = 0$.

Die Annäherung werde ich nicht über Gröfsen von der Ordnung von $\sqrt{\mu}$ und a hinausführen, und beide als von der ersten Ordnung betrachten. Um diese Annäherung zu erhalten, ist es nur nothwendig, dafs man die Kraft T'' exclusive der Glieder der ersten Ordnung kenne, denn sie kömmt in den Ausdrücken von ϱ'' und p und in den Gleichungen (26) und (27) nur in Gröfsen von der ersten Ordnung multiplicirt vor. Man kann daher in der ersten der Gleichungrn (24) die Gröfsen der ersten Ordnung vernachläfsigen, wodurch sie sich in

$$0 = (T'' - \mathrm{Cos}\,\omega'')\,\pi^2\lambda - \varrho\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2$$

verwandelt; man hat ferner aus (25), exclusive dieser Gröfsen,

$$c = \varrho^2 \left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 - 2\pi^2 \lambda \varrho \operatorname{Cos} \omega'',$$

und für den Anfang der Bewegung

$$c = -2\pi^2 \lambda \varrho \operatorname{Cos} u'$$

wodurch man c und $\frac{d\omega''}{dt}$ eliminiren kann, und dann den von allen für die fernere Rechnung überflüssigen Gliedern befreiten Ausdruck

$$T'' = 3 \operatorname{Cos} \omega'' - 2 \operatorname{Cos} u' \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (28)$$

erhält.

12.

In beiden abgesonderten Fällen ist das zweite Glied der Gleichungen (26) und (27) wegzulassen, indem es von der zweiten Ordnung ist. Man hat also für den ersten Fall

$$\left(\varrho'' \frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt}\right)^2 = 2\pi^2 \lambda \left\{\varrho'' \operatorname{Cos} \omega'' - p \operatorname{Sin} \omega'' + \frac{\mu}{2a} \omega'' + \frac{2\mu}{a} \left(z - \operatorname{tgt} \tfrac{1}{2} z\right) - C\right\}$$

wofür ich, immer unter Vernachläfsigung der Gröfsen von der zweiten Ordnung,

$$\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 \left\{1 + 2 \cdot \frac{\varrho'' - \varrho}{\varrho} + 2 \frac{dp}{d\omega''}\right\} = \frac{2\pi^2 \lambda}{\varrho} \left\{\operatorname{Cos} \omega'' + \frac{(\varrho'' - \varrho)}{\varrho} \operatorname{Cos} \omega'' - \frac{p}{\varrho} \operatorname{Sin} \omega'' + \frac{\mu \omega''}{2a\varrho} + \frac{2\mu}{a\varrho} \left(z - \operatorname{tgt} \tfrac{1}{2} z\right) - C\right\}$$

schreiben werde.

Dieses Differential ist unter der Form begriffen, für welche ich, in der I. Beilage, das Integral entwickelt habe. Es ist also nur nöthig, dafs man

$$f\omega'' = \frac{\varrho'' - \varrho}{\varrho} \operatorname{Cos} \omega'' + \frac{p}{\varrho} \operatorname{Sin} \omega'' + \frac{\mu \omega''}{2a\varrho} + \frac{2\mu}{a\varrho} \left(z - \operatorname{tgt} \tfrac{1}{2} z\right)$$

$$f'\omega'' = \frac{\varrho'' - \varrho}{\varrho} + \frac{dp}{d\omega''}$$

nach den Potenzen von $\operatorname{Sin} \frac{1}{2} \omega''$ entwickele, und die Coefficienten der geraden Potenzen in die 4te Formel (Beilage I.) setze. Um dieses möglichst leicht auszuführen werde ich diejenigen Glieder beider Ausdrücke, welche allein in der Rechnung bleibende, gerade Potenzen von $\operatorname{Sin} \frac{1}{2} \omega''$ enthalten, zuerst von z allein abhängig machen. Man hat nämlich, da

$$\operatorname{Sin} z = \frac{1}{2a} \sqrt{\frac{\mu}{T''}}, \quad \operatorname{Sin} z' = \frac{1}{2a} \sqrt{\mu}$$

ist, aus (23), wenn man die ungeraden Glieder wegläfst:

$$\varrho'' - \varrho = 2a \{2z - 4 \operatorname{Sin} z + \operatorname{Sin} 2z - 2z' + 4 \operatorname{Sin} z' - \operatorname{Sin} 2z'\}$$

und für das letzte Glied des Ausdrucks von $f\omega''$

$$\frac{2\mu}{a} \left\{z - \operatorname{tgt} \tfrac{1}{2} z\right\} = 8a \operatorname{Sin} z'^2 \left\{z - \operatorname{tgt} \tfrac{1}{2} z\right\} ;$$

die übrigen Glieder von $f\omega''$ und $f'\omega''$ fallen weg, da sie nur ungerade Potenzen von $\operatorname{Sin} \frac{1}{2}\omega''$ enthalten. Da aber

$$\frac{\operatorname{Sin} z'^2}{\operatorname{Sin} z^2} = T'' = 1 - 6 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} \omega''^2 + 4 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2$$

so darf man nur die beiden durch z ausgedrückten Gröfsen als Functionen von $\frac{1}{\operatorname{Sin} z^2}$ betrachten, und ihre Entwickelung mit den ähnlichen Functionen von z' anfangen, während man sie nach den Potenzen von

$$\frac{1}{\operatorname{Sin} z^2} - \frac{1}{\operatorname{Sin} z'^2} = \frac{-6 \operatorname{Sin} \frac{1}{2} \omega''^2 + 4 \operatorname{Sin} \frac{1}{2} u'^2}{\operatorname{Sin} z'^2}$$

fortgehen läfst. Auf diese Art findet man die in der I. Beilage durch α'', α'''', β, β'' bezeichneten Coefficienten

$$\alpha'' = \frac{a}{\varrho} \operatorname{Sin} z' (1 - \operatorname{Cos} z') \, 64 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2$$

$$\alpha'''' = -\frac{a}{\varrho} \operatorname{Sin} z' (1 - \operatorname{Cos} z') . 24 \ .$$

$$\beta = \frac{a}{\varrho} \operatorname{Sin} z' (1 - \operatorname{Cos} z') . 16 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2$$

$$\beta'' = -\frac{a}{\varrho} \operatorname{Sin} z' (1 - \operatorname{Cos} z') . 24 \ .$$

Ferner ist

$$nn = \frac{\pi^2 \lambda}{\varrho}$$

also die Länge des einfachen Pendels, welches mit dem hier betrachteten gleichzeitig schwingt

$$= \varrho + a \operatorname{Sin} z' (1 - \operatorname{Cos} z') . 22 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2$$

oder, wenn man z' durch μ und a ausdrückt:

$$= \varrho + 11 \sqrt{\mu} \left\{1 - \sqrt{\left(1 - \frac{\mu}{4aa}\right)}\right\} \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2 \ldots\ldots\ldots (29)$$

Im zweiten Falle hat man, durch (27), die Gleichung:

$$\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2\left\{1+2\,\frac{\varrho''-\varrho}{\varrho}+\frac{2dp}{\varrho\,d\omega''}\right\}=\frac{2\pi^2\lambda}{\varrho}\left\{\mathrm{Cos}\,\omega''+\frac{\varrho''-\varrho}{\varrho}\,\mathrm{Cos}\,\omega''-\frac{p}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,\omega''-\frac{4\sqrt{\mu T''}}{\varrho}\left(1-\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'-\omega''}{4}\right)-C\right\}$$

oder

$$f\omega''=\frac{\varrho''-\varrho}{\varrho}\,\mathrm{Cos}\,\omega''-\frac{p}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,\omega''-\frac{4\sqrt{\mu T''}}{\varrho}\left(1-\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'-\omega''}{4}\right)$$

$$f'\omega''=\frac{\varrho''-\varrho}{\varrho}+\frac{dp}{\varrho\,d\omega''}$$

Allein in diesem Falle ist:

$$\varrho''-\varrho=2a\left\{\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}\omega'-\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'-\omega''}{2}\right\}-4\sqrt{\frac{\mu}{T''}}\left(1-\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'-\omega''}{4}\right)+4\sqrt{\mu}\left(1-\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right)$$

$$p=a\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'-\omega''}{2}+2\sqrt{\frac{\mu}{T''}}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'-\omega''}{4}$$

$$T''=3\,\mathrm{Cos}\,\omega''-2\,\mathrm{Cos}\,u'$$

Setzt man dieses in die Ausdrücke von $f\omega''$ und $f'\omega''$, und entwickelt man dieselben nach den Potenzen von $\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\omega''$, so erhält man

$$\alpha''=-\frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}+\frac{\sqrt{\mu}}{\varrho}\left\{\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}+\left(32-36\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right)\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}u'^2\right\}$$

$$\alpha''''=-\frac{3}{4}\cdot\frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}+\frac{\sqrt{\mu}}{\varrho}\left\{-12+\frac{257}{16}\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right\}$$

$$\beta=\frac{1}{2}\cdot\frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}+\frac{\sqrt{\mu}}{\varrho}\left\{-\frac{1}{2}\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}+\left(8-7\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right)\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}u'^2\right\}$$

$$\beta''=\frac{3}{4}\cdot\frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}+\frac{\sqrt{\mu}}{\varrho}\left\{-12+\frac{113}{16}\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right\}$$

Hieraus folgt, nach der Formel 4, Beilage I, die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels:

$$=\varrho+\tfrac{1}{2}a\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}-\sqrt{\mu}.\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}+\left\{\frac{3}{16}a\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}+\sqrt{\mu}\left(11-\frac{735}{64}\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right)\right\}\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}u'^2\ldots\ldots(30)$$

13.

Die Annahme am Anfange des 11ten Art., dafs nämlich das Pendel aus dem Zustande des Gleichgewichts in die Bewegung übergeht, hat die Rechnung bedeutend abgekürzt, indem dadurch zwei willkürliche Constanten welche in dem vollständigen Integrale der Gleichungen enthalten sind, verschwinden. Dadurch gehen alle Glieder deren Periode von der durch die Ausdrücke (29), (30) bestimmten verschieden ist, aus der Rechnung, so wie etwas ähnliches immer stattfindet wenn ein System von materiellen Punkten, in Beziehung auf alle möglichen Bewegungen, exclusive einer einzigen, vor dem Anfange der Bewegung, ins Gleichgewicht gebracht ist. Diese hier verschwundenen Glieder haben Perioden, deren Dauern von den störenden Kräften abhängen und daher weit kürzer sind als die Hauptperiode des Pendels, welche ich allein bestimmt habe; sie bringen eine scheinbar zitternde Bewegung des Pendels hervor, welche jedesmahl vorhanden sein mufs wenn der Anfang der Bewegung der gemachten Voraussetzung nicht wirklich entspricht. Man wird aber schwer zu der Überzeugung gelangen können, dafs der Anfang der Bewegung, bei einer Reihe von Schwingungen des Pendels, diese Bedingung erfüllt; allein noch schwerer würde die Bestimmung der ursprünglichen Werthe von $\frac{d\varphi''}{dt}$ und $\frac{dp}{dt}$ sein, indem diese allein aus Zufälligkeiten entstehen, vorausgesetzt dafs man beabsichtigt die über den Anfang der Bewegung gemachte Bedingung zu erfüllen. Es geht hieraus hervor, dafs die Bewegung des Pendels gewifsermafsen unbestimmt bleibt. Allein diese Unbestimmtheit hat auf die Versuche keinen Einfluſs, indem theils die Kürze der Perioden der erwähnten Glieder verursacht, dafs die aus einem Intervalle von vielen Schwingungen abgeleitete Schwingungszeit, nicht merklich geändert werden kann, theils aber auch diese Glieder durch den Widerstand der Luft sehr bald vernichtet werden, so dafs, bald nach dem Anfange einer Beobachtungsreihe, die Bewegung des Pendels, wirklich in den Zustand kömmt, welcher der Rechnung zum Grunde gelegt wurde. Die letzte Bemerkung findet bei allen Gliedern von kurzer Periode ihre Anwendung; also auch bei denen welche aus der Ausdehnbarkeit des Fadens und aus den Drehungen der einzelnen Theile des Pendels um ihre eigenen Hauptaxen entstehen.

Beilage III.

Tafel für den Werth eines Pendelschlages der Uhr *P*, in mittlerer Zeit.

k	*a*	Diff.	*b*
45′	0″,9976390.63		0″,0000115.47
		80.37	
46	6310.26		115.47
		76.93	
47	6233.33		115.47
		73.73	
48	6159.60		115.47
		70.72	
49	6088.88		115.47
		67.87	
50	6021.01		115.47
		65.22	
51	5955.79		115.47
		62.72	
52	5893.07		115.47
		60.35	
53	5832.72		115.47
		58.11	
54	5774.61		115.47
		56.00	
55	5718.61		115.46
		53.99	
56	5664.62		115.46
		52.10	
57	5612.52		115.46
		50.31	
58	5562.21		115.46
		48.60	
59	5513.61		115.46
		46.98	
60	5466.63		115.46
		45.43	
61	5421.20		115.46
		43.98	
62	5377.22		115.46
		42.57	
63	5334.65		115.46
		41.25	
64	5293.40		115.46
		39.97	
65	5253.43		115.46

Wenn die Zeit k der Uhr R, der Zeit $k - 1''$ der Uhr P gleich, und die tägliche Verspätung der ersteren gegen Sternenzeit $= s$, so ist ein Pendelschlag der letzteren, in mittlerer Zeit ausgedrückt,

$$= a + b.s.$$

Beilage IV.

Einwirkung der Temperatur auf den Pendelapparat.

Tafel für die wahren Temperaturen, welche den Angaben der drei Thermometer e', e'', e''' entsprechen.

Angabe der Therm.	Wahre Temperatur. e'	e''	e'''	Angabe der Therm.	Wahre Temperatur. e'	e''	e'''
0°	— 0°,23	— 0°,39	— 0°,44	15°	14°,25	14°,30	14°,16
1	+ 0,74	+ 0,59	+ 0,52	16	15,20	15,27	15,13
2	1,70	1,58	1,48	17	16,16	16,24	16,11
3	2,67	2,56	2,44	18	17,13	17,21	17,10
4	3,63	3,54	3,40	19	18,10	18,18	18,09
5	4,59	4,53	4,37	20	19,07	19,16	19,08
6	5,54	5,52	5,35	21	20,05	20,14	20,07
7	6,50	6,51	6,33	22	21,03	21,13	21,06
8	7,46	7,50	7,31	23	22,01	22,11	22,05
9	8,45	8,48	8,30	24	22,99	23,09	23,04
10	9,44	9,46	9,30	25	23,97	24,06	24,03
11	10,42	10,44	10,29	26	24,95	25,02	25,01
12	11,41	11,41	11,28	27	25,93	25,98	25,99
13	12,36	12,37	12,24	28	26,91	26,95	26,98
14	13,31	13,34	13,20	29	27,90	27,93	27,97
15	14,25	14,40	14,16	30	28,90	28,92	28,96

Der Einfluſs der Temperatur auf die Messungen des kurzen Pendels ist folgendermaſsen berechnet worden. Der feste Ansatz, auf welchem der Cylinder von Stahl (i) ruht, ist 521 Lin. über dem Boden des Gehäuses; der Cylinder (i) ist 46 Lin. lang; die auf seiner oberen Ebene ruhende Kugel des Abwickelungs-Cylinders hat 3 Lin. Halbmesser und ihr Mittelpunkt ist 570 Lin. hoch. Der Punkt der eisernen Stange wo die Hülse von Glockenmetall befestigt ist, welche die Mikrometerschraube und den Cylinder mit dem Fühlhebel enthält, ist 430,5 Lin. unter dem festen Ansatze, also 90,5 L. hoch; diese Hülse ist 51,5 Lin. lang, ihr unteres Ende also 39 Lin. hoch. Die Ausdehnungen dieser Theile, nämlich des Stahlcylinders (i) und der darauf liegenden Kugel, des Eisens der Stange zwischen dem festen Ansatze und dem Befestigungspunkte der Hülse, endlich der Hülse, vergröſsern die Entfernung des Fühlhebels von dem Aufhängepunkte; die folgenden wirken vom unteren Ende der Hülse an, also in entgegengesetzter Richtung:

die Mikrometerschraube von Stahl, 12,5 Lin. lang; die Mutter derselben von Messing, 6 Lin. lang; der Stahlcylinder welcher den Fühlhebel trägt, 48 Lin. lang; endlich der Halbmesser der Pendelkugel von 12,1 Lin., welcher in die Rechnung kömmt, indem die thermometrischen Ausdehnungen bis zum Schwingungspunkte genommen werden müssen.

Bezeichnet man die Ausdehnungen des Stahls, Eisens, Glockenmetalls und Messings durch S, E, G, M, so hat man für die verschiedenen angeführten Theile:

	Höhe der Mitte $= h$	Ausdehnung für $1°C$
Kugel am Abwickelungs-Cylinder ..	$568,^L5$	$+ 3,0 . S$
Cylinder i, worauf dieselbe ruht ...	544, 0	$+ 46,0 . S$
Eiserne Stange	305, 75	$+ 430,5 . E$
Hülse der Mikrometervorrichtung...	64, 75	$+ 51,5 . G$
Mikrometerschraube.....	45, 25	$- 12,5 . S$
Schraubenmutter derselben	53, 75	$- 6,0 . M$
Stahl-Cylinder unter dem Fühlhebel	81, 5	$- 48,0 . S$
Halbmesser der Pendelkugel.....	111, 5	$- 12,1 . M$

Nimmt man die Temperaturen dieser Theile, nach dem 7ten Artikel

$$= \frac{534 - h}{388} e' + \frac{h - 196}{388} e''$$

und setzt man die Ausdehnungen der Metalle

$S = 0,000011898.$ Troughton
$E = 0,000011400.$ Borda
$G = 0,000019080.$ Berthoud
$M = 0,000018782.$ Lavoisier und Laplace

so erhält man die Änderung der Entfernung des Aufhängepunkts vom Fühlhebel, weniger dem Halbmesser der Kugel

$$= 0,^L0035153 . e' + 0,^L0018979\, e''$$
$$= 0,^L0054132 \{0,6494 . e' + 0,3506 . e''\}$$

Wenn dagegen die Toise auf dem Cylinder (i) steht, und der Abwickelungs-Cylinder auf ihrem oberen Ende ruht, so hat man für die

Kugel am Abwickelungs-Cylinder	1432, 5	$+ 3,0\ S$
Toise.....	999, 0	$+ 864,0\ E$

und ferner die für das kurze Pendel berechneten Wirkungen der Temperatur, mit Ausnahme der ersteren. Nimmt man für die hinzugekommenen beiden Theile, die Temperatur

$$= \frac{1292 - h}{708} e'' + \frac{h - 584}{708} e'''$$

so erhält man die Veränderung für jeden Grad des Thermometers:

$$- 0,^{L}0000014 \,.\, e' + 0,^{L}0040339 \,.\, e'' + 0,^{L}0058162 \,.\, e''',$$

oder, wenn man e'' für e' setzt, was wegen der Kleinheit des in e' multiplicirten Gliedes erlaubt ist.

$$+ 0,^{L}0040325 \,.\, e'' + 0^{L}0058162 \,.\, e'''$$
$$= 0,^{L}0098487 \,\{0,4095 \,.\, e'' + 0,5905 \,.\, e'''\}$$

Dafs der Coefficient mit dem im 7ten Art. angegebenen richtigeren, nicht vollkommen übereinstimmt, rührt daher, dafs hier die Toise $0,^{L}16$ (um welche Quantität sie beim Eispunkte kürzer ist als 864 Lin.) zu lang angenommen worden ist.

Ich füge noch eine Tafel für die Länge der Toise und die Veränderung von F hinzu:

Temperatur.	Toise.	F	Temperatur.	Toise.	F
0°	$863,^{L}83917$	$0,^{L}00000$	15°	$863,^{L}98689$	$+ 0,^{L}08120$
1	84902	+ 0,00541	16	99674	0,08661
2	85887	0,01083	17	864,00659	0,09202
3	86872	0,01624	18	01643	0,09744
4	87857	0,02165	19	02628	0,10285
5	88841	0,02707	20	03613	0,10826
6	89826	0,03248	21	04598	0,11368
7	90811	0,03789	22	05582	0,11909
8	91796	0,04331	23	06567	0,12450
9	92780	0,04872	24	07552	0,12992
10	93765	0,05413	25	08537	0,13533
11	94750	0,05955	26	09522	0,14074
12	95735	0,06496	27	10506	0,14616
13	96720	0,07037	28	11491	0,15157
14	97704	0,07578	29	12476	0,15698
15	98689	0,08120	30	13461	0,16240

Beilage V.

Certificat über die Vergleichung der Toise.

Le 31me août 1823, nous avons comparé, Mr. ZAHRTMANN et moi, la toise en fer que Mr. FORTIN a construite pour Mr. BESSEL de Königsberg, à l'étalon en fer de l'observatoire connu sous le nom de Toise du Pérou. Il nous a semblé que la Règle de Mr. BESSEL est plus courte que l'étalon de l'observatoire de $\frac{1}{1278^{me}}$ de ligne (de un douze cent soixante dix-huitième de ligne).

(signé) F. ARAGO. ZAHRTMANN.

Beilage VI.

Bewegung eines Pendels in einer Flüssigkeit.

Wenn man, dem 13^tenArt. zufolge, für die Summe der bewegten Theilchen der Flüssigkeit, jedes in das Quadrat seiner Geschwindigkeit multiplicirt, den Ausdruck

$$m'u'u'nn\,\{b^{(0)}+b^{(2)}\mathrm{Cos}\,(2nt+B^{(2)})+b^{(4)}\mathrm{Cos}\,(4nt+B^{(4)})+\text{u.s.w.}\}$$

annimmt, und den durch den Anstofs des Pendels an immer andere Theile der Flüssigkeit verursachten Verlust an lebendiger Kraft nicht berücksichtigt, indem er auf die Zeit einer ganzen Schwingung keinen Einflufs hat, so hat man die Gleichung der Bewegung:

$$c=m\,\{\mu+ss\}\left(\frac{du}{dt}\right)^2-2\pi^2\lambda\,\{ms-m's'\}\,\mathrm{Cos}\,u$$
$$+m'u'u'nn\,\{b^{(0)}+b^{(2)}\mathrm{Cos}\,(2nt+B^{(2)})+\text{u.s.w.}\ldots\ldots\}$$

oder

$$c=\left(\frac{du}{dt}\right)^2-2n'n'\,\{\mathrm{Cos}\,u-u'u'\zeta\,(b^{(0)}+b^{(2)}\mathrm{Cos}\,(2nt+B^{(2)})+\text{u.s.w..})\}$$

wo

$$n'n' \text{ für } \frac{\pi^2\lambda\,(ms-m's')}{m\,(\mu+ss)}$$

$$\zeta \text{ für } \frac{m'nn}{2\pi^2\lambda\,(ms-m's')}$$

geschrieben ist. Wenn man diese Gleichung mit der in der I. Beilage untersuchten vergleicht, so hat man

$$fu = -u'u'\,\zeta\,(b^{(0)} + b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,(2nt + B^{(2)}) + \text{u. s. w.} \ldots\ldots)$$
$$f'u = 0$$

und für das dortige n, hier n'. Man kann daher die Zeit einer ganzen Schwingung des Pendels, durch die dritte Formel jener Beilage erhalten. Allein da es noch unentschieden ist, ob $b^{(0)}$, $b^{(2)}$, ... $B^{(2)}$, ... beständig, oder von der Ausdehnung der Schwingungen abhängig sind, so kann der von dem Quadrate und den höheren Potenzen des Schwingungswinkels abhängige Theil der Zeit, nicht vollständig gefunden werden, weshalb ich von der erwähnten Formel alles weglassen werde, was nur auf diesen Theil Einfluſs erhält. Dadurch verwandelt diese Formel sich in

$$\frac{\pi}{n'} + \frac{1}{n'}\int \frac{d.\frac{fu - fo}{u}}{\sqrt{(u'u' - uu)}}\,,$$

und da hier nur die Einwirkung welche von der Ordnung der störenden Ursache selbst ist, bestimmt wird, so kann für u die von dieser Störung unabhängige Annäherung gesetzt werden; nämlich, unter der Voraussetzung daſs die Zeit t von dem Durchgange des Pendels durch die Lothlinie angezählt wird:

$$u = u'\,\mathrm{Sin}\,n't;\quad \sqrt{(u'u' - uu)} = u'\,\mathrm{Cos}\,n't;$$

Schreibt man, um abzukürzen z für $n't$, so ist die Schwingungszeit:

$$\frac{\pi}{n'} + \frac{\zeta}{n'}\int \frac{d\left\{\frac{b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,B^{(2)}(1 - \mathrm{Cos}\,2z) + b^{(2)}\,\mathrm{Sin}\,B^{(2)}\,\mathrm{Sin}\,2z + b^{(4)}\,\mathrm{Cos}\,B^{(4)}(1 - \mathrm{Cos}\,4z) + \text{u. s. w.}}{\mathrm{Sin}\,z}\right\}}{\mathrm{Cos}\,z}$$

wo das Integral von $z = -\frac{1}{2}\pi$ bis $z = \frac{1}{2}\pi$ genommen wird.

Die bestimmten Integrale welche hier vorkommen, haben die Formen

$$\int \frac{d.\frac{1 - \mathrm{Cos}\,2hz}{\mathrm{Sin}\,z}}{\mathrm{Cos}\,z} \quad \text{und} \quad \int \frac{d.\frac{\mathrm{Sin}\,2hz}{\mathrm{Sin}\,z}}{\mathrm{Cos}\,z}\,.$$

Das erste ist, wenn wirklich differentiirt wird,

$$= 4h\int \frac{\mathrm{Sin}\,2hz}{\mathrm{Sin}\,2z}\,dz - \int \frac{1 - \mathrm{Cos}\,2hz}{\mathrm{Sin}\,z^2}\,dz\,;$$

allein man hat

$$\frac{\sin 2hz}{\sin 2z} = \cos(2h-2)z + \cos(2h-6)z + \cos(2h-10)z + \ldots\ldots + \cos(-2h+2)z$$

$$\frac{1-\cos 2hz}{\sin z^2} = 2h + 4(h-1)\cos 2z + 4(h-2)\cos 4z + \ldots\ldots + 4\cos(2h-2)z$$

woraus hervorgeht, dafs das zwischen den angegebenen Grenzen genommene Integral

$$\int \frac{\sin 2hz}{\sin 2z}\, dz$$

verschwindet wenn h eine gerade Zahl ist, allein $= \pi$ wird wenn h ungerade ist; ferner dafs man

$$\int \frac{1-\cos 2hz}{\sin z^2}\, dz = 2h\pi$$

hat. Man erhält also

$$\int d.\frac{\frac{1-\cos 2hz}{\sin z}}{\cos z} = 2h\{1-(-1)^h\} - 2h = (-1)^{h+1}.\,2h.$$

Das zweite bestimmte Integral ergiebt durch theilweise Integration

$$\frac{2\sin 2hz}{\sin 2z} - \int \frac{\sin 2hz}{\cos z^2}\, dz\,;$$

der oben gegebene Ausdruck des ersten Gliedes zeigt, dafs es, zwischen den angegebenen Grenzen genommen, verschwindet; das zweite Glied verschwindet gleichfalls, indem das Differential, für $-z$ und $+z$ entgegengesetzte Werthe von gleicher Gröfse hat. Man hat also

$$\int d.\frac{\frac{\sin 2hz}{\sin z}}{\cos z} = 0$$

Substituirt man diese Werthe der bestimmten Integrale in den Ausdruck der Schwingungszeit, so erhält man dieselbe

$$= \frac{\pi}{n'} + \frac{2\zeta\pi}{n'}\left\{b^{(2)}\cos B^{(2)} - 2b^{(4)}\cos B^{(4)} + 3b^{(6)}\cos B^{(6)}\ \text{u. s. w.}\ldots\ldots\right\}$$

Verwechselt man nn mit $n'n'$ im Ausdrucke von ζ, welches erlaubt ist, so hat man

$$\zeta = \frac{m'}{2m(\mu+ss)}\,;$$

schreibt man ferner für n' seinen Ausdruck, und C für

$$b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,B^{(2)} - 2b^{(4)}\,\mathrm{Cos}\,B^{(4)} + 3b^{(6)}\,\mathrm{Cos}\,B^{(6)} - \text{u. s. w.} \ldots\ldots$$

so verwandelt sich der Ausdruck der Schwingungszeit in

$$\sqrt{\frac{m(\mu+ss)}{\lambda(ms-m's')}\left\{1+\frac{m'C}{m(\mu+ss)}\right\}};$$

oder die Länge des einfachen, in derselben Zeit schwingenden Pendels, nämlich das Quadrat der Schwingungszeit in λ multiplicirt, ist

$$\frac{\mu+\frac{2m'}{m}C+ss}{s\left(1-\frac{m's'}{ms}\right)}.$$

Es geht hieraus hervor, dafs eine das Pendel umgebende Flüssigkeit von sehr geringer Dichtigkeit, auf die Dauer sehr kleiner Schwingungen keinen anderen Einflufs hat, als dafs sie die Schwerkraft vermindert und das Moment der Trägheit vermehrt. Wenn die Ausdehnung der Bewegungen der Flüssigkeit den Schwingungswinkeln des Pendels proportional ist, so ist diese Vermehrung des Moments der Trägheit sehr nahe beständig; im entgegengesetzten Falle hängt sie von den Schwingungswinkeln ab.

Beilage VII.

Bestimmung der einzelnen Theile der verschiedenen, bei den Versuchen angewandten Pendel, und Berechnung ihrer Zusammensetzung.

Das Gewicht welches den folgenden Abwiegungen zum Grunde liegt, ist das Preufsische Pfund von 7680 Gran, welches, nach Herrn Eytelweins sorgfältiger Bestimmung 467,7112 Grammen wiegt. Das Exemplar davon, welches ich benutzte, ist das von Messing gemachte Normalpfund der hiesigen Aichungscommission. Die Abtheilungen desselben erhielt ich dadurch, dafs ich andere, nährungsweise richtige Gewichte von 12, 6, 3, 2, 1 Unzen, 240, 120, 60 .... Gran zuerst untereinander ausglich, oder vielmehr ihre relativen Fehler bestimmte, dann das wahre Pfund damit wog, wodurch die absoluten Gewichte der einzelnen Stücke bekannt wurden.

Die Pendelkugel von Messing, mit Einschlufs der eingeschraubten Fadenklemme wog 11418,15 Gr.; die letztere allein 19,72. In destillirtem Wasser von 15°, 8 *C.* Wärme, wogen Kugel und Klemme 10025,07, die letztere allein 17,30; dabei stand das Barometer, dessen Temperatur = 12°, 5 *C.* war, auf 341,17 Lin., wodurch die beiden letzten Angaben, auf den leeren Raum reducirt, sich in 10023,63 und 17,30 verwandeln. Hieraus folgt, dafs die Kugel mit der Klemme vereinigt 1394,52 Gr., die letztere allein 2,42 Gr. Wasser von der angegebenen Wärme aus dem Wege drängen; der Unterschied der von beiden eingenommenen Räume drängt also 1392,10 Gr. aus dem Wege.

Nach den Untersuchungen des Herrn Hällström (*Dissertatio de mutationibus voluminis aquae destillatae. Aboae* 1802) ist die Dichte des Wassers bei der angegebenen Temperatur = 0,9993053, das Maximum derselben = 1 gesetzt; also wird der Raum welchen die Kugel bei 15°, 8 *C.* Temperatur einnimmt, durch 1393,067 Gr. des dichtesten Wassers gefüllt, und ihr Raum bei der Temperatur des Eispunkts durch 1391,826 Gran. Hieraus ist das im 15ten Art. angegebene specifische Gewicht hervorgegangen.

Da das Kilogramm einen Cubus des dichtesten Wassers von 1 Decimeter Seite, im leeren Raume aufwiegt, so ist das Gewicht einer Cubiclinie des dichtesten Wassers

$$\frac{1000.7680}{467,7112\,(44,32959)^3} = 0,1884961 \text{ Gran},$$

wodurch man den Unterschied der Räume welche Kugel und Klemme, und die letztere allein, bei der Temperatur des Eispunkts, einnehmen = 7383,84 Cubiclinien findet. Dieser Raum ist aber kleiner als die ganze Kugel, denn es ist an der Stelle wo die Fadenklemme eingeschraubt wird, ein Segment abgeschliffen, dessen Basis ein Kreis von 2 Lin. Halbmesser ist; ferner fehlt noch der Raum welchen die Schraube an der Fadenklemme einnimmt, die man als einen Cylinder von 1,25 Lin. Höhe und 0,75 Lin. Halbmesser ansehen kann. Wenn a den Halbmesser der Kugel bezeichnet, so hat man daher

$$7383,84 = \frac{2}{3}\pi a^3 \left\{1 + \left(1 + \frac{2}{aa}\right)\sqrt{\left(1 - \frac{4}{aa}\right)}\right\} - \frac{45}{64}\pi$$

woraus der Halbmesser der Kugel, für die Temperatur des Eispunkts, = 12,^{L}082 folgt.

Berechnung der Pendel für die erste Reihe der Versuche.

Ich werde die Pendel aus acht Theilen zusammengesetzt annehmen und die Gewichte derselben durch m, die Entfernung des Schwerpunkts eines jeden Theils vom Mittelpunkte der Bewegung durch s, das Moment der Trägheit desselben, auf eine horizontale, durch seinen Schwerpunkt gehende Axe bezogen, durch μ bezeichnen.

1. Das Messingblättchen, dessen Länge ich r nenne, und dessen Gewicht $= 0,01759\ r$ ist.

$$m^{(1)} = 0,01759 . r\ ; \quad s^{(1)} = \tfrac{1}{2} r\ ; \quad \mu^{(1)} = 0,001466 . r^3 .$$

2. Die Klemme am Messingblättchen, mit der eingeschraubten oberen Fadenklemme zusammen, wiegt 40,49 Gran, und ich habe ihren Schwerpunkt 3,56 Lin. unter dem Ende des Messingblättchens gefunden, ihr Moment der Trägheit $= 157$.

$$m^{(2)} = 40,49\ ; \quad s^{(2)} = r + 3,56\ ; \quad \mu^{(2)} = 157.$$

3. Der Faden, dessen Länge ich durch r' bezeichne, und dessen Gewicht, für beide Pendel, 10,95 und 3,58 Gran ist. Die Fadenklemme in welcher er befestigt ist und die Klemme des Messingblättchens haben, zusammengeschraubt, eine Länge von 6,5 Lin.; der Faden geht durch die erstere ganz hindurch und ist am Ende der Schraube derselben, welche 3,25 Lin. von der Spitze des Kegels dieser Fadenklemme entfernt ist, abgeschnitten; dasselbe findet an dem unteren, in die Kugel eingeschraubten Ende des Fadens statt. Der Anfang des Fadens ist also $r + 3,25$ Lin. vom Mittelpunkte der Bewegung entfernt, und man hat für das lange Pendel:

$$m^{(3)} = 10,95\ ; \quad s^{(3)} = r + 3,25 + \tfrac{1}{2} r'\ ; \quad \mu^{(3)} = \tfrac{10,95}{12}\ r' r' .$$

für das kurze:

$$m^{(3)} = 3,58\ ; \quad s^{(3)} = r + 3,25 + \tfrac{1}{2} r'\ ; \quad \mu^{(3)} = \tfrac{3,58}{12}\ r' r' .$$

4. Der Coincidenzcylinder, für das lange Pendel:

$$m^{(4)} = 3,81\ ; \quad s^{(4)} = 1277,8\ ; \quad \mu^{(4)} = 2.$$

für das kurze:

$$m^{(4)} = 3,69\ ; \quad s^{(4)} = 413,8\ ; \quad \mu^{(4)} = 2.$$

5. Die untere Fadenklemme, deren Schwerpunkt von dem Ende ihrer Schraube, also auch von dem des Fadens, 1,83 Lin. entfernt ist,

$$m^{(5)} = 19{,}72\ ; \quad s^{(5)} = r + 1{,}42 + r'\ ; \quad \mu^{(5)} = 19.$$

6. Das abgeschliffene Segment der Kugel, welches ich als eine negative Masse betrachte. Der räumliche Inhalt eines Segments, dessen Basis, am Mittelpunkte einer Kugel vom Halbmesser a, den Winkel 2ϕ einschliefst, ist

$$\tfrac{4}{3} a^3 \pi \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2}\phi^4 \left\{3 - 2 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2}\phi^2\right\}\ ;$$

also sein Gewicht, wenn das Gewicht einer Cubiclinie des Metalls durch Δ bezeichnet wird,

$$\tfrac{4}{3} \Delta a^3 \pi \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2}\phi^4 \left\{3 - 2 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2}\phi^2\right\}\ ;$$

die Entfernung seines Schwerpunkts von der Basis

$$a \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2}\phi^2 \frac{2 - \operatorname{Sin} \frac{1}{2}\phi^2}{3 - 2 \operatorname{Sin} \frac{1}{2}\phi^2}\ ;$$

das Moment der Trägheit, auf den Schwerpunkt bezogen,

$$\frac{4\Delta a^5 \pi \operatorname{Sin} \frac{1}{2}\phi^6}{3 - 2 \operatorname{Sin} \frac{1}{2}\phi^2} \left\{2 - \tfrac{11}{3} \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2}\phi^2 + \tfrac{12}{5} \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2}\phi^4 - \tfrac{3}{5} \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2}\phi^6\right\}.$$

Setzt man in diesen Formeln $\operatorname{Sin} \phi = \frac{2}{12{,}082}$ und $\Delta = 8{,}19 \times 0{,}1884961 = 1{,}5437$ Gran, so findet man das Gewicht $= 1{,}63$ Gran; die Entfernung des Schwerpunkts von der Basis $= 0{,}06$ Lin.; das Moment der Trägheit $= 1$. Hiernach ist für das abgeschliffene Segment der Kugel zu nehmen:

$$m^{(6)} = -1{,}63\ ; \quad s^{(6)} = r + 1{,}94 + r'\ ; \quad \mu^{(6)} = -1.$$

7. Das Loch in der Kugel; es ist, von der Basis des Segments angerechnet, 4 Lin. tief gebohrt und hat 0,75 Lin. Halbmesser. Da das Ende des Fadens $r + 3{,}25 + r'$ vom Mittelpunkte der Bewegung, und 1,25 L. von der Basis des Segments entfernt ist, so findet man für das eingebohrte Loch:

$$m^{(7)} = -10{,}91\ ; \quad s^{(7)} = r + 4 + r'\ ; \quad \mu^{(7)} = -16.$$

8. Die Kugel, als vollständig betrachtet. Ihre Masse ist $= 11398{,}43 + 1{,}63 + 10{,}91 = 11410{,}97$ Gr.; ihr Mittelpunkt ist 11,9143 Lin. von der Basis des Segments entfernt, woraus folgt:

$$m^{(8)} = 11410{,}97\ ; \quad s^{(8)} = r + 13{,}91 + r'\ ; \quad \mu^{(8)} = 666285.$$

Ich habe hier nicht näher angegeben, wie ich die Schwerpunkte und Momente der Trägheit der Theile 2 und 5 gefunden habe; ich würde dabei weitläuftigere Erklärungen über die Figuren dieser Theile habe geben müssen, welche ich glaubte unterdrücken zu dürfen, da der Einfluſs derselben auf das Endresultat der Versuche unbedeutend ist.

Die Länge des einfachen, mit dem zusammengesetzten in gleicher Zeit schwingenden Pendels, dieses als festen Körper angesehen, ist

$$l = \frac{\Sigma\mu + \Sigma mss}{\Sigma ms}$$

oder, wenn man die sich auf die Kugel beziehenden Theile dieses Ausdrucks besonders schreibt:

$$l = s^{(8)} + \frac{\Sigma\mu + \Sigma mss - s^{(8)}\Sigma ms}{m^{(8)}s^{(8)} + \Sigma ms}$$

wo Σmss und Σms sich auf die ersten 7 Theile beziehen. Schreibt man $s^{(8)} + c$ für l, so hat man also

$$c = \frac{\Sigma\mu - m^{(1)}s^{(1)}(s^{(8)} - s^{(1)}) - m^{(2)}s^{(2)}(s^{(8)} - s^{(2)}) - \text{u. s. w...}}{m^{(8)}s^{(8)} + m^{(1)}s^{(1)} + m^{(2)}s^{(2)} + \text{u. s. w...}}$$

Dieser Ausdruck enthält, aufser bekannten Längen und Gewichten, r und r', oder die Längen des Messingblättchens und des Fadens. Die erstere geht aus der gemessenen und bei den Versuchen angegebenen Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte des Pendels hervor, und ist immer zwischen 14, 5 und 15 Lin., weshalb ich sie durch $14,5 + i$ bezeichnen werde; die andere ist nicht gemessen, sondern mufs durch die ganze Pendellänge ausgedrückt werden. Bezeichnet man diese, so wie sie bei den Versuchen angegeben worden ist, durch $F + h$, wo $F = 442,40$ L., ferner h für das lange Pendel durch $862,6 + i'$ und für das kurze durch $-1,4 + i'$, so hat man durch die Ausdrücke der Entfernungen der Schwerpunkte der Theile (2) und (8) vom Mittelpunkte der Bewegung:

	langes Pendel.		kurzes Pendel.
	$r + 3,56 = 14,5 + i$	.....	$= 14,5 + i$
	$r + r' + 13,91 = 1305,00 + i'$	.....	$= 441,00 + i'$

oder

	$r = 10,94 + i$	.....	$= 10,94 + i$
	$r' = 1280,15 + i' - i$	.....	$= 416,15 + i' - i$

Substituirt man diese Ausdrücke von r und r', so findet man für das lange Pendel:

$$\begin{aligned}
m^{(1)} &= 0,19 & s^{(1)} &= 5,47 + \tfrac{1}{2} i \\
m^{(2)} &= 40,49 & s^{(2)} &= 14,50 + i \\
m^{(3)} &= 10,95 & s^{(3)} &= 654,265 + \tfrac{1}{2} i + \tfrac{1}{2} i' \\
m^{(4)} &= 3,81 & s^{(4)} &= 1377,80 \\
m^{(5)} &= 19,72 & s^{(5)} &= 1292,51 + i' \\
m^{(6)} &= -1,63 & s^{(6)} &= 1293,03 + i' \\
m^{(7)} &= -10,91 & s^{(7)} &= 1295,09 + i' \\
m^{(8)} &= 11410,97 & s^{(8)} &= 1305,00 + i'
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
s^{(8)} - s^{(1)} &= 1299,53 - \tfrac{1}{2} i + i' & \mu^{(1)} &= 0 \\
s^{(8)} - s^{(2)} &= 1290,50 - i + i' & \mu^{(2)} &= 157 \\
s^{(8)} - s^{(3)} &= 650,735 - \tfrac{1}{2} i + \tfrac{1}{2} i' & \mu^{(3)} &= 1495390 + 2336,3\,(i' - i) \\
s^{(8)} - s^{(4)} &= 27,20 + i' & \mu^{(4)} &= 2 \\
s^{(8)} - s^{(5)} &= 12,49 & \mu^{(5)} &= 19 \\
s^{(8)} - s^{(6)} &= 11,97 & \mu^{(6)} &= -1 \\
s^{(8)} - s^{(7)} &= 9,91 & \mu^{(7)} &= -16 \\
 & & \mu^{(8)} &= 666285
\end{aligned}$$

und für das kurze:

$$\begin{aligned}
m^{(1)} &= 0,19 & s^{(1)} &= 5,47 + \tfrac{1}{2} i \\
m^{(2)} &= 40,49 & s^{(2)} &= 14,50 + i \\
m^{(3)} &= 3,58 & s^{(3)} &= 222,265 + \tfrac{1}{2} i + \tfrac{1}{2} i' \\
m^{(4)} &= 3,69 & s^{(4)} &= 413,80 \\
m^{(5)} &= 19,72 & s^{(5)} &= 428,51 + i' \\
m^{(6)} &= -1,63 & s^{(6)} &= 429,03 + i' \\
m^{(7)} &= -10,91 & s^{(7)} &= 431,09 + i' \\
m^{(8)} &= 11410,97 & s^{(8)} &= 441,00 + i'
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
s^{(8)} - s^{(1)} &= 435,53 - \tfrac{1}{2} i + i' & \mu^{(1)} &= 0 \\
s^{(8)} - s^{(2)} &= 426,50 - i + i' & \mu^{(2)} &= 157 \\
s^{(8)} - s^{(3)} &= 218,735 - \tfrac{1}{2} i + \tfrac{1}{2} i' & \mu^{(3)} &= 51666 + 248,3\,(i' - i) \\
s^{(8)} - s^{(4)} &= 27,20 - i' & \mu^{(4)} &= 2 \\
s^{(8)} - s^{(5)} &= 12,49 & \mu^{(5)} &= 19 \\
s^{(8)} - s^{(6)} &= 11,97 & \mu^{(6)} &= -1 \\
s^{(8)} - s^{(7)} &= 9,91 & \mu^{(7)} &= -16 \\
 & & \mu^{(8)} &= 666285
\end{aligned}$$

Hieraus ergiebt sich für das lange Pendel:

$$c = -0,^{L}23768 - 0,00363\, i - 0,00051\, i'$$

und für das kurze:

$$c = +0,^{L}03992 - 0,00337\, i - 0,00064\, i' .$$

Indessen sind diese Formeln nicht vollständig, indem sie die Pendel als feste Körper voraussetzen und Laplace schon bemerkt hat, dafs man die Drehungen der einzelnen Theile um einander, insofern der sehr biegsame Faden ihnen kein merkliches Hinderniſs ist, nicht vernachläſsigen darf. Man überzeugt sich aber leicht, dafs die Theile (1) bis (4) in dieser Beziehung ohne merklichen Einfluſs sind; bei den übrigen, welche einen festen Körper bilden, ist dieses nicht der Fall, und überdies kann man nicht bezweifeln, dafs die, vergleichungsweise mit der Steifheit des Fadens sehr grofse Masse dieses Körpers, hinreicht, wirklich eine Biegung des Fadens hervorzubringen. Um den Einfluſs derselben zu untersuchen, werde ich annehmen, dafs der erwähnte Körper an einem Faden ohne Masse, von der Länge a befestigt ist. Den Winkel des Fadens mit der Lothlinie bezeichne ich durch u, den Winkel der durch den Befestigungspunkt und den Schwerpunkt des Körpers gehenden geraden, mit der Lothlinie, durch u'; die Entfernung eines Massentheilchens dm des Körpers, vom Befestigungspunkte, durch r; den Winkel dieses r mit der durch den Schwerpunkt gehenden Linie, in der Ebene der Bewegung genommen, durch ψ. Wenn die Coordinaten x lothrecht, y wagrecht genommen werden, so folgt aus der allgemeinen Gleichung der Bewegung um eine feste Axe, nämlich:

$$0 = \int dm \left\{ \left(\frac{d^2x}{dt^2} - \pi^2\lambda \right) \delta x + \frac{d^2y}{dt^2} \cdot \delta y \right\}$$

durch Substitution von

$$x = a \operatorname{Cos} u + r \operatorname{Cos} (u' + \psi)$$
$$y = a \operatorname{Sin} u + r \operatorname{Sin} (u' + \psi)$$

und dadurch dafs man die in δu und $\delta u'$ multiplicirten Theile des Ausdrucks abgesondert $= 0$ setzt:

$$0 = \int dm \left\{ a \frac{d^2u}{dt^2} + r \operatorname{Cos} (u' - u + \psi) \frac{d^2u'}{dt^2} - r \operatorname{Sin} (u' - u + \psi) \left(\frac{du'}{dt} \right)^2 + \pi^2\lambda \operatorname{Sin} u \right\}$$

$$0 = \int dm \left\{ ar \operatorname{Cos} (u' - u + \psi) \frac{d^2u}{dt^2} + ar \operatorname{Sin} (u' - u + \psi) \left(\frac{du}{dt} \right)^2 + rr \frac{d^2u'}{dt^2} + \pi^2\lambda r \operatorname{Sin} (u' + \psi) \right\}$$

Allein, wenn s die Entfernung des Schwerpunkts des Körpers von seinem Befestigungspunkte am Faden, $m\mu$ sein Moment der Trägheit in Beziehung auf den Schwerpunkt bezeichnen, so hat man:

$$\int dm.r\,\mathrm{Cos}\,(u'-u+\psi) = ms\,\mathrm{Cos}\,(u'-u)$$
$$\int dm.r\,\mathrm{Sin}\,(u'-u+\psi) = ms\,\mathrm{Sin}\,(u'-u)$$
$$\int dm.rr = m\,(\mu+ss)$$

wodurch die beiden Gleichungen sich in

$$0 = a\,\frac{d^2u}{dt^2} + s\,\mathrm{Cos}\,(u'-u)\,\frac{d^2u'}{dt^2} - s\,\mathrm{Sin}\,(u'-u)\left(\frac{du'}{dt}\right)^2 + \pi^2\lambda\,\mathrm{Sin}\,u$$
$$0 = as\,\mathrm{Cos}\,(u'-u)\,\frac{d^2u}{dt^2} + as\,\mathrm{Sin}\,(u'-u)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 + (\mu+ss)\frac{d^2u'}{dt^2} + \pi^2\lambda s\,\mathrm{Sin}\,u'$$

verwandeln. Man kann aber, für den Fall sehr kleiner Schwingungen, die Glieder der dritten Ordnung von u und u' weglassen, und erhält dann:

$$0 = a\,\frac{d^2u}{dt^2} + s\,\frac{d^2u'}{dt^2} + \pi^2\lambda u$$
$$0 = as\,\frac{d^2u}{dt^2} + (\mu+ss)\,\frac{d^2u'}{dt^2} + \pi^2\lambda s.u'.$$

Diesen Gleichungen leistet man Genüge durch

$$u = k\,\mathrm{Sin}\,(nt+K), \quad u' = k'\,\mathrm{Sin}\,(nt+K)$$

wodurch man erhält:

$$0 = -knna - k'nns + k\pi^2\lambda$$
$$0 = -knnas - k'nn(\mu+ss) + k'\pi^2\lambda s$$

Eliminirt man k und k', so erhält man die Gleichung

$$0 = \frac{\pi^4\lambda^2}{n^4} - \frac{\pi^2\lambda}{n^2}\left\{a + \frac{\mu+ss}{s}\right\} + \frac{a\mu}{s},$$

deren Auflösung

$$\frac{\pi^2\lambda}{nn} = \frac{a+\frac{\mu+ss}{s}}{2}\left\{1 \pm \sqrt{\left(1 - \frac{4as\mu}{(as+\mu+ss)^2}\right.}\right\}$$

giebt.

Bezeichnet man die beiden Werthe von nn, welche dieser Ausdruck enthält, durch nn und $n'n'$, so hat man

$$u = k\,\mathrm{Sin}\,(nt+K) + l\,\mathrm{Sin}\,(n't+L)$$
$$u' = k'\,\mathrm{Sin}\,(nt+K) + l'\,\mathrm{Sin}\,(n't+L)$$

wo zwischen den vier Constanten k, k', l, l' die oben gefundenen Relationen

$$\frac{k'}{k} = \frac{\pi^2\lambda}{nns} - \frac{a}{s}$$
$$\frac{l'}{l} = \frac{\pi^2\lambda}{n'n's} - \frac{a}{s}$$

stattfinden, also das Integral die gehörige Anzahl Constanten enthält.

Bei der Beobachtung der Schwingungszeit des Pendels, wird bekanntlich das zweite Glied des Ausdrucks von u unmerklich, indem es eine sehr kurze Periode hat und überdies durch den Widerstand der Luft bald vernichtet wird. Die Zeit der Schwingung ist dann die, in welcher der Winkel nt um π wächst, oder sie ist $= \frac{\pi}{n}$; die ihr entsprechende einfache Pendellänge aber ist

$$\frac{\lambda\pi^2}{nn} = \frac{a + \frac{\mu + ss}{s}}{2}\left\{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{4as\mu}{(as + \mu + ss)^2}\right)}\right\}.$$

Wäre das Pendel ein fester Körper, so würde die Länge des einfachen Pendels von gleicher Schwingungszeit

$$= a + s + \frac{\mu}{a + s}$$

sein; sie ist aber, wenn man sie nach den Potenzen von μ entwickelt,

$$= a + s + \frac{\mu}{a+s} + \frac{a\mu^2}{s(a+s)^3} - \frac{a\mu^3}{ss(a+s)^4} \text{ u. s. w. . . .}$$

Es ist daher dem in der ersteren Hypothese berechneten c, noch

$$+ \frac{a\mu^2}{s(a+s)^3} - \frac{a\mu^3}{ss(a+s)^4} \text{ u. s. w. . . .}$$

hinzuzufügen.

Setzt man in diese Formel die aus den oben gemachten Angaben folgenden Werthe von μ und s, nämlich $\mu = 58,50$ und $s = 12,48$, so erhält man die von der Biegsamkeit des Pendels herrührende Verbesserung von c, für das lange Pendel $= + 0,^L00016$ und für das kurze $= + 0,^L00137$, und damit die vollständigen Ausdrücke

für das lange Pendel $c = - 0,^L23752 - 0,00363\, i - 0,00051\, .\, i'$
für das kurze Pendel $c = + 0,^L04129 - 0,00337\, i - 0,00064\, .\, i'$.

Berechnung der Pendel für die zweite Reihe der Versuche.

a. Pendel mit der Schneide. Um das Moment der Trägheit der Schneide und ihres Rahmens zu finden, deren Figur zu zusammengesetzt ist um

sie mit aller wünschenswerthen Genauigkeit berechnen zu können, habe ich sowohl die Schneide und ihren Rahmen allein, als auch in Verbindung mit einem angeschraubten Cylinder von Messing schwingen lassen, in welchem bei den Versuchen die Fadenklemme eingeschraubt wird. Das Gewicht der Schneide und ihres Rahmens ist = 194,39 Gran, und sie vollendete eine Schwingung in 2,″9042 MZ., welcher die Länge eines einfachen Pendels $l = 3718,0$ Lin. entspricht. Als aber der Cylinder angeschraubt war, dessen Gewicht = 26,81 Gran ist, dessen Schwerpunkt 7,78 Lin. unter der Schneide liegt, und dessen Moment der Trägheit, für eine durch seinen Schwerpunkt gehende Axe ich = 92,1 gefunden habe, war die Dauer einer Schwingung = 0,″2971 MZ.; oder die correspondirende einfache Pendellänge = 38,91 Lin.

Bezeichnet man das gesuchte Moment der Trägheit der Schneide und ihres Rahmens durch μ, die unbekannte Entfernung des Schwerpunkts beider von der Schneide, durch s, so hat man die beiden Gleichungen:

$$3718,0 = \frac{\mu + 194,39.ss}{194,39.s}$$

$$38,91 = \frac{\mu + 194,39\,ss + 92,1 + 26,81\,(7,78)^2}{194,39\,s + 26,81.7,78}$$

und ihre Auflösung ergiebt $\mu = 6469$, $s = 0,''0089502$. Ferner ist noch nöthig zu wissen, dafs, wenn die Fadenklemme in den Cylinder am Rahmen der Schraube eingeschraubt ist, ihr Schwerpunkt 3,78 Lin. niedriger ist als der Schwerpunkt dieses Cylinders. Übrigens gelten alle bei der ersten Reihe der Versuche angegebenen Bestimmungen der Theile der Pendel auch hier, bis auf das Gewicht der Fäden, welches, da neue etwas längere Fäden genommen wurden, eine Veränderung erlitt. Man hat also für das lange Pendel ($i' = h - 862,52$):

$m^{(1)} = \begin{cases} 194,39 \\ 26,81 \end{cases}$	$s^{(1)} = \begin{cases} 0,00895 \\ 7,78 \end{cases}$	$s^{(6)} - s^{(1)} = \begin{cases} 1304,99 + i' \\ 1297,22 + i' \end{cases}$	$\mu^{(1)} = \begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases}$		
$m^{(2)} = 19,72$	$s^{(2)} = 11,56$	$s^{(6)} - s^{(2)} = 1293,44 + i'$	$\mu^{(2)} = 19$		
$m^{(3)} = 11,06$	$s^{(3)} = 652,035 + \frac{1}{2}i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 652,965 + \frac{1}{2}i'$	$\mu^{(3)} = 1520955 + 2368,0\,i'$		
$m^{(4)} = 3,81$	$s^{(4)} = 1277,80$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 27,20 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$		
$m^{(5)} = 19,72$	$s^{(5)} = 1292,51 + i'$	$s^{(6)} - s^{(5)} = 12,49$	$\mu^{(5)} = 19$		
$m^{(6)} = -1,63$	$s^{(6)} = 1293,03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11,97$	$\mu^{(6)} = -1$		
$m^{(7)} = -10,91$	$s^{(7)} = 1295,09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9,91$	$\mu^{(7)} = -16$		
$m^{(8)} = 11410,97$	$s^{(8)} = 1305,00 + i'$		$\mu^{(8)} = 666285$		

und für das kurze ($i' = h + 1,48$):

$m^{(1)} =$	$\begin{cases} 194,39 \\ 26,81 \end{cases}$	$s^{(1)} =$	$\begin{cases} 0,00895 \\ 7,78 \end{cases}$	$s^{(8)} - s^{(1)} =$	$\begin{cases} 440,99 + i' \\ 433,22 + i' \end{cases}$	$\mu^{(1)} =$	$\begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases}$
$m^{(2)} =$	19,72	$s^{(2)} =$	11,56	$s^{(8)} - s^{(2)} =$	$429,44 + i'$	$\mu^{(2)} =$	19
$m^{(3)} =$	3,60	$s^{(3)} =$	$220,035 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} =$	$220,965 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} =$	$53074 + 252,4\, i'$
$m^{(4)} =$	3,69	$s^{(4)} =$	413,80	$s^{(8)} - s^{(4)} =$	$27,20 + i'$	$\mu^{(4)} =$	2
$m^{(5)} =$	19,72	$s^{(5)} =$	$428,51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} =$	12,49	$\mu^{(5)} =$	19
$m^{(6)} =$	$-$ 1,63	$s^{(6)} =$	$429,03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} =$	11,97	$\mu^{(6)} =$	$-$ 1
$m^{(7)} =$	$-$ 10,91	$s^{(7)} =$	$431,09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} =$	9,91	$\mu^{(7)} =$	$-$ 16
$m^{(8)} =$	11410,97	$s^{(8)} =$	$441,00 + i'$			$\mu^{(8)} =$	666285

b. Pendel mit der Klemme. Das Messingblättchen war 6,35 Lin. lang. Übrigens waren beide Pendel, bis auf den Faden, in demselben Zustande wie bei der ersten Reihe der Versuche. Man hat also für das lange Pendel ($i' = h - 862,56$):

$m^{(1)} =$	0,11	$s^{(1)} =$	3,18	$s^{(8)} - s^{(1)} =$	$1301,82 + i'$	$\mu^{(1)} =$	0
$m^{(2)} =$	40,49	$s^{(2)} =$	9,91	$s^{(8)} - s^{(2)} =$	$1295,09 + i'$	$\mu^{(2)} =$	157
$m^{(3)} =$	11,06	$s^{(3)} =$	$651,97 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} =$	$653,03 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} =$	$1521263 + 2368 . 2i'$
$m^{(4)} =$	3,81	$s^{(4)} =$	1277,80	$s^{(8)} - s^{(4)} =$	$27,20 + i'$	$\mu^{(4)} =$	2
$m^{(5)} =$	19,72	$s^{(5)} =$	$1292,51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} =$	12,49	$\mu^{(5)} =$	19
$m^{(6)} =$	$-$ 1,63	$s^{(6)} =$	$1293,03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} =$	11,97	$\mu^{(6)} =$	$-$ 1
$m^{(7)} =$	$-$ 10,91	$s^{(7)} =$	$1295,09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} =$	9,91	$\mu^{(7)} =$	$-$ 16
$m^{(8)} =$	11410,97	$s^{(8)} =$	$1305,00 + i'$			$\mu^{(8)} =$	666285

und für das kurze ($i' = h + 1,44$):

$m^{(1)} =$	0,11	$s^{(1)} =$	3,18	$s^{(8)} - s^{(1)} =$	$437,82 + i'$	$\mu^{(1)} =$	0
$m^{(2)} =$	40,49	$s^{(2)} =$	9,91	$s^{(8)} - s^{(2)} =$	$431,09 + i'$	$\mu^{(2)} =$	157
$m^{(3)} =$	3,60	$s^{(3)} =$	$219,97 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} =$	$221,03 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} =$	$53107 + 252,4\, i'$
$m^{(4)} =$	3,69	$s^{(4)} =$	413,80	$s^{(8)} - s^{(4)} =$	$27,20 + i'$	$\mu^{(4)} =$	2
$m^{(5)} =$	19,72	$s^{(5)} =$	$428,51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} =$	12,49	$\mu^{(5)} =$	19
$m^{(6)} =$	$-$ 1,63	$s^{(6)} =$	$429,03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} =$	11,97	$\mu^{(6)} =$	$-$ 1
$m^{(7)} =$	$-$ 10,91	$s^{(7)} =$	$431,09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} =$	9,91	$\mu^{(7)} =$	$-$ 16
$m^{(8)} =$	11410,97	$s^{(8)} =$	$441,00 + i'$			$\mu^{(8)} =$	666285

c. Pendel mit dem Abwickelungs-Cylinder. Das Messingblättchen war 6,84 Lin. lang. Aus der Beschreibung der zu diesen Versuchen angewandten Einrichtung, im 18ten Art., geht hervor, dafs die Axe des Abwickelungs-Cylinders, welcher mit seiner Oberfläche auf der hori-

zontalen Ebene liegt auf welcher auch die Schneide und die Klemme ruhen, um seinen Halbmesser höher ist, als bei den früheren Versuchen. Dieses hat zur Folge, dafs die Scale, und auch der Coincidenz-Cylinder, von dem Mittelpunkte der Bewegung um 0,5 Lin. entfernter sind. Übrigens ist zwischen beiden Pendeln und den in der ersten Reihe der Versuche angewandten, kein Unterschied, aufser in der Länge und dem Gewichte der Fäden. Man hat also für das lange Pendel ($i' = h - 862{,}06$):

$m^{(1)} =$	0,12	$s^{(1)} =$	3,42	$s^{(8)} - s^{(1)} =$	1301,58 $+ i''$	$\mu^{(1)} =$	0	
$m^{(2)} =$	40,49	$s^{(2)} =$	10,40	$s^{(8)} - s^{(2)} =$	1294,60 $+ i''$	$\mu^{(2)} =$	157	
$m^{(3)} =$	11,06	$s^{(3)} =$	652,215 $+ \frac{1}{2} i''$	$s^{(8)} - s^{(3)} =$	652,785 $+ \frac{1}{2} i''$	$\mu^{(3)} =$	1520103	$+ 2367{,}3\, i'$
$m^{(4)} =$	3,81	$s^{(4)} =$	1278,30	$s^{(8)} - s^{(4)} =$	26,70 $+ i''$	$\mu^{(4)} =$	2	
$m^{(5)} =$	19,72	$s^{(5)} =$	1292,51 $+ i''$	$s^{(8)} - s^{(5)} =$	12,49	$\mu^{(5)} =$	19	
$m^{(6)} =$	$-$ 1,63	$s^{(6)} =$	1293,03 $+ i''$	$s^{(8)} - s^{(6)} =$	11,97	$\mu^{(6)} =$	$-$ 1	
$m^{(7)} =$	$-$ 10,91	$s^{(7)} =$	1295,09 $+ i''$	$s^{(8)} - s^{(7)} =$	9,91	$\mu^{(7)} =$	$-$ 16	
$m^{(8)} =$	11410,97	$s^{(8)} =$	1305,00 $+ i''$			$\mu^{(8)} =$	666285	

nnd für das kurze ($i' = h + 1{,}94$):

$m^{(1)} =$	0,12	$s^{(1)} =$	3,42	$s^{(8)} - s^{(1)} =$	437,58 $+ i''$	$\mu^{(1)} =$	0	
$m^{(2)} =$	40,49	$s^{(2)} =$	10,40	$s^{(8)} - s^{(2)} =$	430,60 $+ i''$	$\mu^{(2)} =$	157	
$m^{(3)} =$	3,60	$s^{(3)} =$	220,215 $+ \frac{1}{2} i''$	$s^{(8)} - s^{(3)} =$	220,785 $+ \frac{1}{2} i''$	$\mu^{(3)} =$	52985	$+ 252{,}2\, i'$
$m^{(4)} =$	3,69	$s^{(4)} =$	414,30	$s^{(8)} - s^{(4)} =$	26,70 $+ i''$	$\mu^{(4)} =$	2	
$m^{(5)} =$	19,72	$s^{(5)} =$	428,51 $+ i''$	$s^{(8)} - s^{(5)} =$	12,49	$\mu^{(5)} =$	19	
$m^{(6)} =$	$-$ 1,63	$s^{(6)} =$	429,03 $+ i''$	$s^{(8)} - s^{(6)} =$	11,97	$\mu^{(6)} =$	$-$ 1	
$m^{(7)} =$	$-$ 10,91	$s^{(7)} =$	431,09 $+ i''$	$s^{(8)} - s^{(7)} =$	9,91	$\mu^{(7)} =$	$-$ 16	
$m^{(8)} =$	11410,97	$s^{(8)} =$	441,00 $+ i''$			$\mu^{(8)} =$	666285	

Aus diesen Angaben folgt für die sechs angewandten Pendel:

Schneide	langes Pendel	$c = -0{,}^{t}22586 - 0{,}00052 \cdot i''$
	kurzes ——	$c = +0{,}05355 - 0{,}00064 \cdot i''$
Klemme	langes Pendel	$c = -0{,}22307 - 0{,}00052 \cdot i''$
	kurzes ——	$c = +0{,}05544 - 0{,}00064 \cdot i''$
Abwickelungs-Cylinder	langes Pendel	$c = -0{,}22471 - 0{,}00052 \cdot i''$
	kurzes ——	$c = +0{,}05389 - 0{,}00064 \cdot i''$

Fügt man noch die von der Biegsamkeit des Fadens abhängige Verbesserung hinzu, so erhält man die vollständigen, zur Reduction der Beobachtungen angewandten Formeln:

Schneide	langes Pendel	$c = -0,^{L}22570 - 0,00052 . i''$
	kurzes ——	$c = +0,05492 - 0,00064 . i''$
Klemme.....	langes Pendel	$c = -0,22291 - 0,00052 . i''$
	kurzes ——	$c = +0,05681 - 0,00064 . i''$
Abwickelungs-Cylinder	langes Pendel	$c = -0,22455 - 0,00052 . i''$
	kurzes ——	$c = +0,05526 - 0,00064 . i''$

Berechnung der Pendel für die dritte Reihe der Versuche.

Die Kugel von Elfenbein, womit diese Reihe von Versuchen gemacht wurde, wiegt, mit der eingeschraubten Fadenklemme zusammen (auf den leeren Raum reducirt) 2481,26 Gran. Im dichtesten Wasser, dessen Temperatur genau dieselbe ist, in welcher die Abwiegung gemacht wurde, wiegt sie 1098,50 Gran, woraus das specifische Gewicht der vereinigten Kugel und Klemme = 1,79443 folgt, so wie es im 15ten Art. angegeben worden ist.

Nachdem das Loch in der Kugel, in welches die Klemme eingeschraubt wird, mit Wachs ausgefüllt war; wog sie im leeren Raume 2461,80 Gran, und im dichtesten Wasser 1081,38 Gran. Sie drängte also 1380,42 Gran des dichtesten Wassers aus dem Wege, woraus, nach dem oben angegebenen Gewichte einer Cubiclinie des dichtesten Wassers, ihr Halbmesser = 12,047 Lin. folgt. Da die Versuche dieser Reihe, sehr nahe in derselben Temperatur gemacht wurden, in welcher die Kugel in Wasser gewogen wurde, so behielt ich den unmittelbar gefundenen Werth des Halbmessers, bei der Reduction der Versuche unverändert bei.

Das Loch in dieser Kugel ist dem in der Kugel von Messing befindlichen, gleich, so dafs man die Massen $m^{(6)}$ und $m^{(7)}$ erhält, wenn man ihre Werthe für die Kugel von Messing, im Verhältnisse der specifischen Gewichte = 8,19 : 1,783 verkleinert. Allein da der Halbmesser der Kugel von Elfenbein $0,^{L}035$ kleiner ist als der der Kugel von Messing, so wird der Ausdruck von $s^{(8)}$, welcher vorher $r + 13,91 + r'$ war, ein wenig geändert und zwar $r + 13,88 + r'$. Die Länge des Messingblättchens, bei den Versuchen mit dem Abwickelungs-Cylinder, war 6,48 Lin,; bei der Anwendung der Schneide war diese in demselben Zustande, in welchem sie bei den früheren Versuchen war. Die Fäden, feiner als früher, wogen 6,28 und 2,04 Gran. Man hat daher zur Berechnung der Reduction auf das einfache Pendel folgende Data:

a. Pendel mit dem Abwickelungs-Cylinder.

Für das lange ($i' = h - 862{,}58$)

$m^{(1)} =$	0,11	$s^{(1)} =$	3,24	$s^{(8)} - s^{(1)} = 1301{,}76 + i'$	$\mu^{(1)} =$ 0
$m^{(2)} =$	40,49	$s^{(2)} =$	10,04	$s^{(8)} - s^{(2)} = 1294{,}96 + i'$	$\mu^{(2)} =$ 157
$m^{(3)} =$	6,28	$s^{(3)} =$	$652{,}05 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 652{,}95 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 863657 + 1344{,}6\, i'$
$m^{(4)} =$	3,81	$s^{(4)} =$	1278,30	$s^{(8)} - s^{(4)} = 26{,}70 + i'$	$\mu^{(4)} =$ 2
$m^{(5)} =$	19,72	$s^{(5)} =$	$1292{,}54 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12{,}46$	$\mu^{(5)} =$ 19
$m^{(6)} =$	$-0{,}35$	$s^{(6)} =$	$1293{,}06 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11{,}94$	$\mu^{(6)} =$ 0
$m^{(7)} =$	$-2{,}38$	$s^{(7)} =$	$1295{,}12 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9{,}88$	$\mu^{(7)} = -4$
$m^{(8)} =$	2464,27	$s^{(8)} =$	$1305{,}00 + i'$		$\mu^{(8)} = 143056$

für das kurze ($i' = h + 1{,}42$)

$m^{(1)} =$	0,11	$s^{(1)} =$	3,24	$s^{(8)} - s^{(1)} = 437{,}76 + i'$	$\mu^{(1)} =$ 0
$m^{(2)} =$	40,49	$s^{(2)} =$	10,04	$s^{(8)} - s^{(2)} = 430{,}96 + i'$	$\mu^{(2)} =$ 157
$m^{(3)} =$	2,04	$s^{(3)} =$	$220{,}05 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 220{,}95 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 30079 + 143{,}0\, i'$
$m^{(4)} =$	3,69	$s^{(4)} =$	414,30	$s^{(8)} - s^{(4)} = 26{,}70 + i'$	$\mu^{(4)} =$ 2
$m^{(5)} =$	19,72	$s^{(5)} =$	$428{,}54 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12{,}46$	$\mu^{(5)} =$ 19
$m^{(6)} =$	$-0{,}35$	$s^{(6)} =$	$429{,}06 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11{,}94$	$\mu^{(6)} =$ 0
$m^{(7)} =$	$-2{,}38$	$s^{(7)} =$	$431{,}12 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9{,}88$	$\mu^{(7)} = -4$
$m^{(8)} =$	2464,27	$s^{(8)} =$	$441{,}00 + i'$		$\mu^{(8)} = 143056$

b. Pendel mit der Schneide.

Für das lange ($i' = h - 862{,}58$)

$m^{(1)} =$	$\begin{cases} 194{,}39 \\ 26{,}81 \end{cases}$	$s^{(1)} =$	$\begin{cases} 0{,}00895 \\ 7{,}78 \end{cases}$	$s^{(8)} - s^{(1)} = \begin{cases} 1304{,}99 + i' \\ 1297{,}22 + i' \end{cases}$	$\mu^{(1)} = \begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases}$
$m^{(2)} =$	19,72	$s^{(2)} =$	11,56	$s^{(8)} - s^{(2)} = 1293{,}44 + i'$	$\mu^{(2)} =$ 19
$m^{(3)} =$	6,28	$s^{(3)} =$	$652{,}05 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 652{,}95 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 863657 + 1344{,}6\, i'$
$m^{(4)} =$	3,81	$s^{(4)} =$	1277,80	$s^{(8)} - s^{(4)} = 27{,}20 + i'$	$\mu^{(4)} =$ 2
$m^{(5)} =$	19,72	$s^{(5)} =$	$1292{,}54 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12{,}46$	$\mu^{(5)} =$ 19
$m^{(6)} =$	$-0{,}35$	$s^{(6)} =$	$1293{,}06 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11{,}94$	$\mu^{(6)} =$ 0
$m^{(7)} =$	$-2{,}38$	$s^{(7)} =$	$1295{,}12 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9{,}88$	$\mu^{(7)} = -4$
$m^{(8)} =$	2464,27	$s^{(8)} =$	$1305{,}00 + i'$		$\mu^{(8)} = 143056$

für das kurze ($i' = h + 1{,}42$)

$m^{(1)} =$	$\begin{cases} 194{,}39 \\ 26{,}81 \end{cases}$	$s^{(1)} =$	$\begin{cases} 0{,}00895 \\ 7{,}78 \end{cases}$	$s^{(8)} - s^{(1)} = \begin{cases} 440{,}99 + i' \\ 433{,}22 + i' \end{cases}$	$\mu^{(1)} = \begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases}$
$m^{(2)} =$	19,72	$s^{(2)} =$	11,56	$s^{(8)} - s^{(2)} = 429{,}44 + i'$	$\mu^{(2)} =$ 19
$m^{(3)} =$	2,04	$s^{(3)} =$	$220{,}05 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 220{,}95 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 30079 + 143{,}0\, i'$
$m^{(4)} =$	3,69	$s^{(4)} =$	413,80	$s^{(8)} - s^{(4)} = 27{,}20 + i'$	$\mu^{(4)} =$ 2
$m^{(5)} =$	19,72	$s^{(5)} =$	$428{,}54 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12{,}46$	$\mu^{(5)} =$ 19
$m^{(6)} =$	$-0{,}35$	$s^{(6)} =$	$429{,}06 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11{,}94$	$\mu^{(6)} =$ 0
$m^{(7)} =$	$-2{,}38$	$s^{(7)} =$	$431{,}12 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9{,}88$	$\mu^{(7)} = -4$
$m^{(8)} =$	2464,27	$s^{(8)} =$	$441{,}00 + i'$		$\mu^{(8)} = 143056$

Hieraus folgt, für die vier angewandten Pendel:

Abwickelungs-Cylinder { langes Pendel $c = -0,^{L}80241 - 0,00193 . i''$; kurzes —— $c = -0,21471 - 0,00176 . i''$

Schneide ..... { langes Pendel $c = -0,81372 - 0,00193 . i''$; kurzes —— $c = -0,22197 - 0,00178 . i''$

Die Einwirkung der Biegsamkeit des Fadens, ist für das lange Pendel $= +0,^{L}00016$ und für das kurze $+0,^{L}00138$. Also sind die vollständigen Formeln:

Abwickelungs-Cylinder { langes Pendel $c = -0,^{L}80225 - 0,00193 . i''$; kurzes —— $c = -0,21333 - 0,00176 . i''$

Schneide ..... { langes Pendel $c = -0,81356 - 0,00193 . i''$; kurzes —— $c = -0,22059 - 0,00178 . i''$

Beilage VIII.

Untersuchung des Einflusses der Ungleichheiten des Fadens auf die Reduction auf das einfache Pendel.

Ich nehme den Anfangspunkt des Fadens in der Entfernung $= r$ vom Mittelpunkte der Bewegung an, seine Länge $= r'$, seinen Queerschnitt in der Entfernung x von seiner Mitte $= \phi x$ und das Gewicht einer Cubiclinie seiner Materie $= \Delta$. Nach diesen Bezeichnungen ist das Gewicht des ganzen Fadens

$$m = \Delta \int \phi x . dx ;$$

das Product des Gewichts in die Entfernung des Schwerpunkts des Fadens vom Aufhängepunkte

$$ms = \Delta \int \phi x . (r + \tfrac{1}{2} r' + x)\, dx ;$$

das Moment der Trägheit des Fadens, auf den Mittelpunkt der Bewegung bezogen

$$\mu = \Delta \int \phi x \left(r + \tfrac{1}{2} r' + x\right)^2 dx$$

Wenn man m, ms, μ für alle übrigen Theile des Pendels zusammengenommen, durch m', $m's'$, μ' bezeichnet, so hat man die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, ohne Rücksicht auf den Faden,

$$l = \frac{\mu'}{m's'}$$

und mit Rücksicht anf denselben

$$l + \delta l = \frac{\mu' + \Delta \int \phi x . (r + \frac{1}{2} r' + x)^2 dx}{m's' + \Delta \int \phi x . (r + \frac{1}{2} r' + x) dx} ;$$

woraus der Einfluſs des Fadens

$$\delta l = \frac{\Delta}{m's'} \left\{ \int \phi x \left(r + \tfrac{1}{2} r' + x \right)^2 dx - l \int \phi x \left(r + \tfrac{1}{2} r' + x \right) dx \right\}$$

und wenn man für Δ seinen Ausdruck $\frac{m}{\int \phi x . dx}$ schreibt,

$$\delta l = \frac{m}{m's'} \left\{ \frac{\int \phi x \, (r + \frac{1}{2} r' + x)^2 dx}{\int \phi x . dx} - l \, \frac{\int \phi x \, (r + \frac{1}{2} r' + x) \, dx}{\int \phi x . dx} \right\}$$

oder auch

$$\delta l = \frac{m}{m's'} \left\{ \left(r + \tfrac{1}{2} r' - l \right) \left(r + \tfrac{1}{2} r' \right) - \left(2r + r' - l \right) \frac{\int \phi x . x dx}{\int \phi x . dx} + \frac{\int \phi x . xx dx}{\int \phi x . dx} \right\}$$

hervorgeht; die Integrale werden von $-\frac{1}{2} r'$ bis $+\frac{1}{2} r'$ genommen.

Kehrt man den Faden um, so daſs das obere Ende das untere wird, so hat man in diesem Ausdrucke $\phi(-x)$ für ϕx zu schreiben, wodurch man in dieser Lage des Fadens erhält:

$$\delta l = \frac{m}{m's'} \left\{ \left(r + \tfrac{1}{2} r' - l \right) \left(r + \tfrac{1}{2} r' \right) + \left(2r + r' - l \right) \frac{\int \phi x . x dx}{\int \phi x . dx} + \frac{\int \phi x . xx dx}{\int \phi x . dx} \right\}$$

Hieraus geht hervor, daſs der Einfluſs der Ungleichheiten des Fadens in beiden Lagen nahe gleich ist, indem das Glied welches in beiden Ausdrücken ein verschiedenes Zeichen hat, wegen der Multiplication mit $2r + r' - l$, eine geringe Wirkung erlangt, denn dieser Factor ist klein, immer wenn der Faden nahe bei dem Mittelpunkte der Bewegung anfängt, und sich nahe bei dem Mittelpunkte der Schwingung endigt. Die halbe Summe beider Ausdrücke ist der Einfluſs auf das Mittel aus zwei Versuchen, zwischen welchen der Faden umgekehrt worden ist:

$$= \frac{m}{m's'} \left\{ \left(r + \tfrac{1}{2} r' - l \right) \left(r + \tfrac{1}{2} r' \right) + \frac{\int \phi x . xx dx}{\int \phi x . dx} \right\}$$

Setzt man nun

$$\phi x = h \left\{ 1 + \alpha \, \frac{x}{r'} + \beta \, \frac{xx}{r'r'} + \text{u. s. w.} \right\}$$

wo h den Queerschnitt in der Mitte des Fadens bedeutet, so verschwinden aus beiden Integralen die ungeraden Glieder und man erhält:

$$\int \phi x . xx\, dx = hr'^3 \left\{ \frac{1}{3.2^2} + \frac{\beta}{5.2^4} + \frac{\delta}{7.2^6} + \text{u. s. w.} \ldots \right\}$$
$$\int \phi x . dx = hr' \left\{ 1 + \frac{\beta}{3.2^2} + \frac{\delta}{5.2^4} + \text{u. s. w.} \ldots \right\}$$

woraus also, wenn man die Potenzen und Producte von $\beta, \delta, \ldots$ vernachläfsigt, der gesuchte Einfluſs des Fadens

$$= \frac{m}{m's'} \left\{ \frac{1}{3} r'r' - \frac{1}{2} r' (l - 2r) - r(l-r) + r'r' \left(\frac{\beta}{180} + \frac{\delta}{840} + \frac{\zeta}{4032} + \text{u. s. w.} \right) \right\}$$

folgt.

Die Reduction der Länge des einfachen Pendels auf das zusammengesetzte ist daher

$$- \frac{m}{m's'} \left\{ \frac{1}{3} r'r' - \frac{1}{2} r' (l-2r) - r(l-r) \right\} \left\{ 1 + \frac{r'r' \left(\frac{\beta}{180} + \frac{\delta}{840} + \frac{\zeta}{4032} + \text{u. s. w.} \right)}{\frac{1}{3} r'r' - \frac{1}{2} r' (l-2r) - r(l-r)} \right\}$$

und sie ist bei den Versuchen ohne Rücksicht auf die Ungleichheiten in Rechnung gebracht.

Man hat für beide Pendel des Apparats, in der ersten Reihe der Versuche:

Angewandte Reduction wegen des Fadens	$+ 0,^L2126$;	$+ 0,^L0244$
Länge des Fadens ..... r'	$= 1280,33$;	$416,34$
Länge des gleichzeitigen einfachen Pendels l	$= 1305,27$;	$441,56$
Anfang des Fadens unter dem Aufhängepunkt ... r	$= 14,52$;	$14,52$

Hieraus folgt die vollständige Reduction für beide Pendel:

das lange $= + 0,^L2126 - 0,^L00669 . \beta - 0,^L001434 . \delta - 0,^L000299 . \zeta -$ u. s. w.
das kurze $= + 0,^L0244 - 0,^L00068 . \beta - 0,^L000147 . \delta - 0,^L000031 . \zeta -$ u. s. w.

Um eine Schätzung der möglichen Gröfse der Coefficienten $\beta, \delta, \zeta \ldots$ zu erhalten, habe ich den Durchmesser des langen Fadens, mit einem der Pistorschen, zur Prüfung der Theilungen des Meridiankreises bestimmten Mikroskope, an vielen verschiedenen Stellen gemessen, und ihn im Mittel $= 0,^L0861$ gefunden. Die gröfste Abweichung von diesem Mittel war $0,^L0013$, und ich habe keinen Grund, die Messungen selbst, welche eine doppelte Einstellung des Mikroskops auf beide Ränder des Fadens erfordern, für sicherer zu halten. Nimmt man aber diesen Unterschied für eine wirkliche Ungleich-

heit des Fadens, die Ungleichheit der Queerschnitte doppelt so grofs $= \frac{1}{33}$ des Ganzen, und verlegt man sie auf beide Enden des Fadens, wo sie den gröfsten Einflufs erhält, so ist

$$\frac{1}{33} = \frac{\beta}{4} + \frac{\delta}{16} + \frac{\zeta}{64} + \cdots ,$$

Jenachdem die Ungleichheit dem von β, oder δ, oder ζ... abhängigen Gliede zugeschrieben wird, erhält man die Verbesserung der Reduction, für das

lange Pendel $-0,^L00081$; $-0,^L00070$; $-0,^L00058$
kurze ——— $-0,^L00008$; $-0,^L00007$; $-0,^L00006$

Im ungünstigsten Falle erhielte also, selbst diese unwahrscheinliche Annahme der Ungleichheit des Fadens, auf die Länge des Secundenpendels, nur einen Einflufs von $0,^L0004$. In der Wirklichkeit ist derselbe aber ohne Zweifel kleiner. Man kann ihn also als unmerklich betrachten; auch würde das Resultat ähnlicher Versuche nicht merklich an Sicherheit gewinnen, wenn man die Fäden oft mit neuen vertauschte.

Beilage IX.

Einflufs der cylindrischen Figur der Schneide, worauf ein Pendel sich bewegt, auf die Schwingungszeit.

1.

Ich nehme an, dafs die Schneide, durch eine Cylinderfläche begrenzt wird, deren Gleichung zwischen rechtwinklichten Coordinaten ξ und η ich durch $V = 0$ bezeichne. Der Mittelpunkt dieser Coordinaten ist der Berührungspunkt der Schneide und der Ebene worauf sie liegt, im Zustande der Ruhe des Pendels; in diesem Zustande ist die Axe der ξ lothrecht, die der η wagrecht; die ξ sind unterhalb dem Mittelpunkte der Coordinaten positiv, die η rechts von der Lothlinie.

Wenn das Pendel den Winkel u mit der Lothlinie macht, so berührt ein Punkt der cylindrischen Schneide die Ebene, dessen Coordinaten ich durch ξ' und η' bezeichne. Die auf ein zweites, im Raume festes Axensystem, mit welchem das erste zusammenfällt, wenn das Pendel in Ruhe ist,

bezogenen Coordinaten eines Massentheilchens dm des Pendels, werde ich x und y nennen; x wird unter der Ebene positiv genommen, y und u links von der Lothlinie. Die auf dieses zweite Axensystem bezogenen Coordinaten des Mittelpunkts des ersteren, werden durch x' und y' bezeichnet. Man hat also

$$x = x' + \xi \operatorname{Cos} u + \eta \operatorname{Sin} u$$
$$y = y' + \xi \operatorname{Sin} u - \eta \operatorname{Cos} u$$

Die Differentialgleichung der Bewegung des Pendels ist

$$c = \int \frac{dx^2 + dy^2}{dt^2} dm - 2\pi^2 \lambda \int x\, dm$$

wo λ die Länge des einfachen Secundenpendels bezeichnet; indem die Axe der ξ durch den Schwerpunkt geht, ist

$$\int \xi\, dm = ms$$
$$\int \eta\, dm = 0$$
$$\int (\xi\xi + \eta\eta)\, dm = m\,(\mu + ss)$$

wo m die Masse des Pendels, s die Coordinate ξ des Schwerpunkts und $m\mu$ das Moment der Trägheit, bezogen auf eine der Drehungsaxe parallel, durch den Schwerpunkt gelegte Axe bedeuten. Hierdurch verwandelt die Differentialgleichung sich in:

$$c = (\mu + ss)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 + 2s\frac{du}{dt}\left(\frac{dy'}{dt}\operatorname{Cos} u - \frac{dx'}{dt}\operatorname{Sin} u\right) + \frac{dx'^2 + dy'^2}{dt^2}$$
$$- 2\pi^2\lambda\,\{s \operatorname{Cos} u - x'\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

2.

Die Coordinaten x' und y' hängen von den Coordinaten ξ' und η' des Berührungspunkts des Cylinders und der Ebene ab; es ist nämlich, wenn σ den Bogen auf der Oberfläche des Cylinders, zwischen dem Berührungspunkte und dem Anfangspunkte der Coordinaten bedeutet,

$$x' = -\xi' \operatorname{Cos} u - \eta' \operatorname{Sin} u$$
$$y' = -\xi' \operatorname{Sin} u + \eta' \operatorname{Cos} u - \sigma.$$

Indem die Normale an den Berührungspunkt die Axe der ξ im Winkel u durchschneidet, hat man

$$d\xi' = -d\sigma \operatorname{Sin} u; \quad d\eta' = d\sigma . \operatorname{Cos} u$$

und wenn dieses in das Differential der Gleichung $V = 0$ gesetzt wird,

$$0 = \left(\frac{dV}{d\xi'}\right) \operatorname{Sin} u - \left(\frac{dV}{d\eta'}\right) \operatorname{Cos} u \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

wodurch, mit $V = 0$ verbunden, ξ' und η' durch u bestimmt werden.

Drückt man x' und y' in (1) durch ξ' und η' aus, und läfst man das dx'^2 und dy'^2 enthaltende Glied weg, indem es von der Ordnung des Quadrats der Abstumpfung der Schneide ist, welche Ordnung ich allenthalben vernachläfsigen werde, so verwandelt sich (1) in

$$c = \left(\mu + ss - 2s\xi'\right)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda\left((s-\xi')\operatorname{Cos} u - \eta' \operatorname{Sin} u\right)$$

Diese Differentialgleichung ist unter der allgemeinen Form begriffen, deren Integral ich in der I. Beilage gegeben habe; es ist nämlich hier

$$nn = \frac{\pi^2\lambda s}{\mu + ss}$$

$$fu = -\frac{\xi'}{s}\operatorname{Cos} u - \frac{\eta'}{s}\operatorname{Sin} u$$

$$f'u = -\frac{s}{\mu + ss}\cdot\xi'$$

Da ξ' und η' für $u = 0$ versehwinden, so ist $f0 = 0$; ferner ist

$$\frac{d\frac{fu}{\operatorname{Sin} u}}{du} = \frac{\xi'}{s.\operatorname{Sin} u^2} - \frac{d\xi'.\operatorname{Cos} u + d\eta' \operatorname{Sin} u}{s.\operatorname{Sin} u.du} = \frac{\xi'}{s \operatorname{Sin} u^2}$$

Der Ausdruck der Schwingungszeit (Beilage I. 3) verwandelt sich daher in

$$\frac{\pi}{n}\left\{Fu'' - \frac{fu' + f(-u')}{2\operatorname{Sin} u'}\cdot\frac{dFu'}{du'}\right\} + \frac{1}{ns}\int \frac{\xi'\left(1 - \frac{s}{l}\operatorname{Sin} u^2\right)du}{\operatorname{Sin} u^2\sqrt{(2\operatorname{Cos} u - 2\operatorname{Cos} u')}}$$

wo $l.s$ für $\mu + ss$ geschrieben ist, also l die Länge des einfachen Pendels bedeutet, welches mit dem untersuchten Pendel gleichzeitig schwingen würde, wenn dieses sich um den Anfangspunkt der Coordinaten drehte. Bezeichnet man aber die der Schwingungszeit um die cylindrische Schneide entsprechende einfache Pendellänge durch l', so hat man die wirkliche Schwingungszeit $= \sqrt{\frac{l'}{\lambda}}\cdot Fu''$, und wenn man sie ihrem eben gegebenen Ausdruck gleich setzt:

$$l' = l - l\cdot\frac{fu' + f(-u')}{\operatorname{Sin} u'}\cdot\frac{dFu'}{Fu'.du'} + \frac{2l}{sFu'}\cdot\frac{1}{\pi}\int \frac{\xi'\left(1 - \frac{s}{l}\operatorname{Sin} u^2\right)du}{\operatorname{Sin} u^2\sqrt{(2\operatorname{Cos} u - 2\operatorname{Cos} u')}} \quad (3)$$

3.

Ich werde jetzt annehmen, dafs die Schneide durch einen, nach einem Kegelschnitte gekrümmten Cylinder abgestumpft ist, dessen eine Axe mit der Axe der ξ zusammenfällt und dessen Oberfläche von den abgeschliffenen Ebenen des Prismas berührt wird. Den Winkel dieser Ebenen bezeichne ich durch $2i$, die Sehne des Cylinders da wo die Ebenen ihn berühren, oder die Breite der Abstumpfung, durch b. Wenn a und p die halbe, in der Richtung der ξ liegende Axe und den halben Parameter des Kegelschnitts bedeuten, so hat man daher:

$$0 = V = 2p\xi' \pm \frac{p}{a}\xi'\xi' + \eta'\eta'$$

wo das obere Zeichen für eine Ellipse, das untere für eine Hyperbel gilt; ferner durch Differentiation (2)

$$0 = p\left(1 \pm \frac{\xi'}{a}\right)\operatorname{Sin} u - \eta' \operatorname{Cos} u$$

und aus beiden Gleichungen zusammengenommen, wenn ε für $1 \mp \frac{p}{a}$ geschrieben wird,

$$\xi' = \mp a\left\{1 - \frac{\operatorname{Cos} u}{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u^2)}}\right\}$$

$$\eta' = \pm a \cdot \frac{(1-\varepsilon)\operatorname{Sin} u}{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Sin} u^2)}}$$

Setzt man $90° - i$ für u, so verwandelt sich η' in $\frac{1}{2}b$, wodurch man

$$a = \pm \frac{b\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{2(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i}$$

also auch

$$\left.\begin{aligned} \xi' &= \frac{b\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{2(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i}\left\{\frac{\operatorname{Cos} u}{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Sin} u^2)}} - 1\right\} \\ fu &= \frac{b\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{2s.(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i}\left\{\operatorname{Cos} u - \sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Sin} u^2)}\right\} \end{aligned}\right\} \ldots\ldots (4)$$

erhält.

Wenn die Begrenzungscurve eine Ellipse ist, deren kleine Axe mit der der ξ zusammenfällt, so ist ε zwischen $-\infty$ und 0; für $\varepsilon = 0$ ist die Curve ein Kreis; zwischen 0 und ε eine Ellipse mit der grofsen Axe in der Richtung der ξ; für 1 eine Parabel; zwischen 1 und Sec. i^2 eine Hyperbel. Die äufserste Ellipse ist eine gerade Linie senkrecht auf die Axe der ξ; die äufserste Hyperbel fällt mit den Ebenen des Prismas ganz zusammen und hat deren Winkel zum Scheitel, in welchem Falle b nothwendig willkürlich bleibt.

4.

Für den in Gröfsen der ersten Ordnung vollständigen Ausdruck (3) der Schwingungszeit, werde ich

$$l' = l - \frac{l}{s} \cdot b \cdot q$$

schreiben, wo q aus den beiden Theilen $q' + q''$:

$$q' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i} \left\{ \frac{\operatorname{Cos} u' - \sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Sin} u'^2)}}{\operatorname{Sin} u'} \right\} \frac{dFu'}{Fu' . du'} .$$

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i Fu'} \cdot \frac{1}{\pi} \int \frac{\left(\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Sin} u^2)} - \operatorname{Cos} u\right)\left(1 - \frac{s}{l} \operatorname{Sin} u^2\right)}{\operatorname{Sin} u^2 \sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Sin} u^2)}\sqrt{(2\operatorname{Cos} u - 2\operatorname{Cos} u')}} du \begin{bmatrix} \text{von} -u' \\ \text{bis} +u' \end{bmatrix}$$

besteht. Führt man den Winkel x ein, so dafs

$$\operatorname{Sin} u = -\operatorname{Sin} u' . \operatorname{Cos} x$$

ist, so verwandelt der letzte Ausdruck sich in:

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i Fu'} \cdot \frac{1}{\operatorname{Sin} u'^2 . \pi} \cdot$$

$$\int \left\{ \frac{1}{\sqrt{(1-\operatorname{Sin} u'^2 \operatorname{Cos} x^2)}} - \frac{1}{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Sin} u'^2 \operatorname{Cos} x^2)}} \right\} \left(1 - \frac{s}{l} \operatorname{Sin} u'^2 \operatorname{Cos} x^2\right) \sqrt{\left\{ \frac{\sqrt{(1-\operatorname{Sin} u'^2 \operatorname{Cos} x^2)} + \operatorname{Cos} u'}{2} \right\}} \frac{dx}{\operatorname{Cos} x^2}$$

wo das Integral von $x = 0$ bis π genommen wird.

Entwickelt man nach den Potenzen von $\operatorname{Sin} u'$, welches so lange angeht, so lange $\varepsilon \operatorname{Sin} u'^2$ eine kleine Gröfse ist, so erhält man,

$$q' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{\operatorname{Cos} i} \left\{ -\frac{1}{8} \operatorname{Sin} u'^2 - \left(\frac{15}{256} + \frac{1}{32}\varepsilon\right) \operatorname{Sin} u'^4 - \text{u. s. w.} \ldots \right\}$$

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{\operatorname{Cos} i} \left\{ \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{16} + \frac{3}{16}\varepsilon - \frac{1}{4}\frac{s}{l}\right) \operatorname{Sin} u'^2 \right.$$
$$\left. + \left(\frac{39}{2048} + \frac{33}{512}\varepsilon + \frac{15}{128}\varepsilon^2 - \frac{13}{128} \cdot \frac{s}{l} - \frac{9}{64}\frac{s}{l}\varepsilon\right) \operatorname{Sin} u'^4 + \text{u. s. w.} \right\}$$

woraus hervorgeht

$$q = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{2\operatorname{Cos} i} \left\{ 1 - \left(\frac{1}{8} - \frac{3}{8}\varepsilon + \frac{1}{2} \cdot \frac{s}{l}\right) \operatorname{Sin} u'^2 \right.$$
$$\left. - \left(\frac{81}{1024} - \frac{17}{256}\varepsilon - \frac{15}{64}\varepsilon^2 + \frac{13}{64}\frac{s}{l} + \frac{9}{32}\frac{s}{l} \cdot \varepsilon\right) \operatorname{Sin} u'^4 + \text{u. s. w.} \right\} \ldots . (5)$$

Allein dieser Ausdruck hört auf brauchbar zu sein, wenn ε sehr grofs wird. Läfst man daher $\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Sin} u'^2 \operatorname{Cos} x^2)}$ unentwickelt, und bezeichnet man es, mit Herrn Legendre, durch Δ, so erhält man, unter Vernachläfsigung der in $\operatorname{Sin} u'^2$ multiplicirten, ε nicht enthaltenden Glieder,

$q' = 0$

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i \,.\, \pi} \int \left\{ \left(-\frac{1}{\operatorname{Sin} u'^2} + \frac{1}{8} \right) \left(\frac{dx}{\Delta \operatorname{Cos} x^2} - \frac{dx}{\operatorname{Cos} x^2} \right) + \left(\frac{s}{l} + \frac{1}{8} \right) \frac{dx}{\Delta} - \left(\frac{s}{l} - \frac{s}{8} \right) dx \right\}$$

und wenn man von 0 bis π integrirt,

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i} \left\{ \left(-\frac{1}{\operatorname{Sin} u'^2} + \frac{1}{8} \right) \frac{1}{\pi} \int \frac{dx}{\Delta \operatorname{Cos} x^2} + \left(\frac{s}{l} + \frac{1}{8} \right) \int \frac{dx}{\Delta} - \frac{s}{l} + \frac{3}{8} \right\}$$

Dieses Integral kann bekanntlich von dem Nenner $\operatorname{Cos} x^2$ befreit werden, wenn man $\Delta \operatorname{tang} x$ differentiirt; man erhält dadurch

$$d.(\Delta \operatorname{tang} x) = \frac{dx}{\Delta \operatorname{Cos} x^2} - \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2 \,.\, \frac{\operatorname{Cos} x^2 dx}{\Delta}$$

also, da $\Delta \operatorname{tang} x$ für $x = 0$ und $x = \pi$ verschwindet,

$$\int \frac{dx}{\Delta \operatorname{Cos} x^2} = \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2 \int \frac{\operatorname{Cos} x^2 \,.\, dx}{\Delta}$$

Hierdurch verwandelt sich der Ausdruck von q in

$$\frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i} \left\{ \int \frac{(\frac{1}{8} - \varepsilon \operatorname{Cos} x^2)\, dx}{\pi \Delta} + \frac{3}{8} + \frac{s}{l} \int \frac{dx}{\pi \Delta} - \frac{s}{l} \right\} . \quad (6)$$

5.

Die Form welche Gaufs der Berechnung der hier vorkommenden elliptischen Transcendenten gegeben hat, ist bekanntlich,

$$\int \frac{dx}{\pi \sqrt{(mm \operatorname{Cos} x^2 + nn \operatorname{Sin} x^2)}} = \frac{1}{\mu}$$

$$\int \frac{dx\,(\operatorname{Cos} x^2 - \operatorname{Sin} x^2)}{\pi \sqrt{(mm \operatorname{Cos} x^2 + nn \operatorname{Sin} x^2)}} = -\frac{\nu}{\mu},$$

wobei μ die Grenze ist, welcher die Quantitäten

$$m' = \tfrac{1}{2}(m + n)$$
$$n' = \sqrt{(mn)}$$
$$m'' = \tfrac{1}{2}(m' + n')$$
$$n'' = \sqrt{(m'n')}$$
$$\text{u. s. w.}$$

sich näheren, und

$$\nu = \frac{2\lambda'\lambda' + 4\lambda''\lambda'' + 8\lambda'''\lambda''' + \text{u. s. w.}}{\lambda\lambda}$$

wo $16\lambda\lambda = mm - nn$; $m'\lambda' = \lambda\lambda$; $m''\lambda'' = \lambda'\lambda'$, u. s. w. Wendet man dieses hier an, so hat man $m = \sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2)}$, $n = 1$, und man erhält

$$q = \frac{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{2 \operatorname{Cos} i} \left\{ \frac{1-\nu}{\mu} + \frac{\frac{3}{4}\left(1 - \frac{1}{\mu}\right) + \frac{\nu}{\mu}}{1-\varepsilon} - \frac{2s}{l} \cdot \frac{1 - \frac{1}{\mu}}{1-\varepsilon} \right\} \ldots (7)$$

Für den Fall dafs $\varepsilon = -\infty$, oder dafs die Schneide durch eine auf die Axe der ξ senkrechte Ebene abgestumpft ist, ist diese Formel nicht unmittelbar anwendbar. Man formt aber den Ausdruck (6) leicht in folgenden um ($\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2)} = \Delta'$; $\varepsilon \operatorname{Sin} u'^2 = \Delta'\Delta'.\varepsilon'$)

$$q = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i} \left\{ \frac{\left(-\frac{1}{\operatorname{Sin} u'^2} + \frac{1}{8} + \frac{s}{l}\right)}{\Delta'} \int \frac{dx}{\pi \sqrt{(1 + \varepsilon' \operatorname{Sin} x^2)}} \right.$$
$$\left. + \frac{\Delta'}{\operatorname{Sin} u'^2} \int \frac{dx \sqrt{(1 + \varepsilon' \operatorname{Sin} x^2)}}{\pi} + \frac{3}{8} - \frac{s}{l} \right\}$$

unter welcher Form, aus der von Herrn Legendre (*Exercices du Calc. Int.* I. *P.* 68) gegebenen Reihenentwickelung der beiden Integrale, unmittelbar sichtbar wird, dafs für $\varepsilon = -\infty$ nur das zweite Glied in der Rechnung bleibt, und sich in

$$\frac{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2)}}{\operatorname{Sin} u'^2} \cdot \frac{2}{\pi}$$

verwandelt. Man hat also für diesen Fall

$$q = \frac{2}{\pi \operatorname{Sin} u'} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

und dieses ist das Maximum des Einflusses, welchen die Abstumpfung der Schneide erlangen kann.

Beilage X.

Einfluſs der Unterlage auf die Bewegung eines um eine Schneide schwingenden festen Körpers.

1.

Wenn das mit der Schneide auf horizontalen Unterlagen liegende Pendel in Ruhe ist, so ist ein Punkt in der durch die Schneide gelegten lothrechten Ebene, von welchem ich annehme, dafs er, auch während der Bewegung, in dieser Ebene bleibt; seine Entfernung von der Schneide bezeichne

ich durch h. Die Schneide aber bewegt sich auf ihren Unterlagen und ist h Sin u von ihrem ursprünglichen Orte entfernt, wenn das Pendel den Winkel u mit der Lothlinie macht; dabei erfährt sie die Entgegenwirkung einer Kraft, welche ich durch mQ bezeichne, wo m die Masse des Pendels ist.

Unter Anwendung der Bezeichnungen im 1ten Art. der IX. Beilage ist die Differentialgleichung der Bewegung:

$$c = \int dm \cdot \frac{dx^2 + dy^2}{dt^2} - 2\pi^2\lambda \int x\,dm + 2\pi^2\lambda m h \int Q \operatorname{Cos} u\,du$$

Wenn man x und y durch die im Pendel festen Coordinaten ξ und η ausdrückt, nämlich

$$x = \xi \operatorname{Cos} u + \eta \operatorname{Sin} u$$
$$y = \xi \operatorname{Sin} u - \eta \operatorname{Cos} u + h \operatorname{Sin} u$$

und die Integrationen in Beziehung auf die Masse ausführt, so erhält man hieraus

$$c = \left(\frac{du}{dt}\right)^2 \left\{\mu + (s+h)^2 - (2sh+hh)\operatorname{Sin} u^2\right\} - 2\pi^2\lambda \left\{s \operatorname{Cos} u - h \int Q \operatorname{Cos} u\,du\right\} \quad (1)$$

2.

Die Zeit einer ganzen Schwingung des Pendels findet sich hieraus nach der 3ten Formel der I. Beilage, nachdem für Q sein Ausdruck gesetzt ist. Diesen werde ich

$$= a^{(0)} + a^{(1)}h \operatorname{Sin} u + a^{(2)}h^2 \operatorname{Sin} u^2 + a^{(3)}h^3 \operatorname{Sin} u^3 + \text{u. s. w.}$$

annehmen, woraus die am angeführten Orte durch fu bezeichnete Gröfse

$$fu = -\frac{h}{s}\left\{a^{(0)} \operatorname{Sin} u + \frac{1}{2}\,a^{(1)}h \operatorname{Sin} u^2 + \frac{1}{3}\,a^{(2)}h^2 \operatorname{Sin} u^3 + \text{u. s. w....}\right\}$$

folgt; man hat ferner, wenn man h^2, wo es nicht in einen der Coefficienten a multiplicirt ist, vernachläfsigt,

$$f'u = \frac{sh}{\mu + ss} \operatorname{Cos} u^2\,;$$

endlich ist

$$nn = \frac{\pi^2\lambda s}{\mu + ss}\,.$$

Hieraus folgt $f0 = 0$, und die angeführte Formel verwandelt sich in

$$\frac{\pi}{n}\left\{Fu'' - \frac{dFu''}{du''} \cdot \frac{fu' + f(-u')}{2 \operatorname{Sin} u'}\right\} + \frac{1}{n}\int \frac{f'u\,.\,du + d\frac{fu}{\operatorname{Sin} u}}{\sqrt{(2\operatorname{Cos} u - 2\operatorname{Cos} u')}}\,.$$

Die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels $= l'$ gesetzt, erhält man diese Schwinguugszeit

$$= \sqrt{\frac{l'}{\lambda}} \cdot Fu'',$$

also wenn man beide Ausdrücke derselben gleich setzt und sl für $\mu + ss$ schreibt, wo l die, dem ohne Störung durch die Unterlage schwingenden Pendel, entsprechende einfache Pendellänge bezeichnet,

$$l' = l - \frac{l\,dFu''}{Fu''.\,du''} \cdot \frac{fu' + f(-u')}{\operatorname{Sin} u'} + \frac{2l}{Fu''} \cdot \int \frac{f'u.du + d\frac{fu}{\operatorname{Sin} u}}{\pi\sqrt{(2\operatorname{Cos} u - 2\operatorname{Cos} u')}}.$$

Vernachläfsigt man in diesem Ausdrucke die Glieder der Störung welche in das Quadrat und die höheren Potenzen des Schwingungswinkels multiplicirt sind, so verschwindet sein zweites Glied aus der Rechnung, und das dritte wird, nach der Substitution der Ausdrücke von fu und $f'u$;

$$2h\int \frac{\operatorname{Cos} u^2.\,du}{\pi\sqrt{(2\operatorname{Cos} u - 2\operatorname{Cos} u')}} - \frac{2lh}{s}\int \frac{(\frac{1}{2}a^{(1)}h + \frac{2}{3}a^{(2)}h^2 \operatorname{Sin} u + \frac{3}{4}a^{(3)}h^3 \operatorname{Sin} u^2 + \text{etc.}) \operatorname{Cos} u\,du}{\pi\sqrt{(2\operatorname{Cos} u - 2\operatorname{Cos} u')}},$$

wovon das bis zu der angegebenen Grenze richtige Integral

$$= 2h - 2h\,\frac{l}{s}\left\{\frac{1}{2}a^{(1)}h + \frac{1.3}{2.4}a^{(3)}h^3 \operatorname{Sin} u'^2 + \frac{1.3.5}{2.4.6}a^{(5)}h^5 \operatorname{Sin} u'^4 + \text{u. s. w.}\right\}$$

ist. Man erhält also

$$l' = l + 2h - 2h\,\frac{l}{s}\left\{\frac{1}{2}a^{(1)}h + \frac{1.3}{2.4}a^{(3)}h^3 \operatorname{Sin} u'^2 + \frac{1.3.5}{2.4.6}a^{(5)}h^5 \operatorname{Sin} u'^4 + \text{u. s. w.}\right\} \cdots (2)$$

3.

Die Abnahme des Schwingungswinkels während einer Schwingung, ist, nach der 2ten Formel der I. Beilage

$$= \frac{f(-u') - fu'}{\operatorname{Sin} u'},$$

also wenn man den Ausdruck von $f(-u')$ und fu' setzt,

$$= \frac{2h}{s}\left\{a^{(0)} + \frac{1}{3}a^{(2)}h^2 \operatorname{Sin} u'^2 + \frac{1}{5}a^{(4)}h^4 \operatorname{Sin} u'^4 + \text{u. s. w...}\right\} \cdots\cdots (3)$$

I.

Reihe von Versuchen

mit der Kugel von Messing und dem Abwickelungs-Cylinder.

Digitized by Google

1te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,55 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

			R	*P*
			h ′ ″	h ′ ″
1	März	31	9 49 0	9 48 28
2			20 28 30	20 27 47
3			21 27 0	21 26 16
4			22 26 0	22 25 15
5	Apr.	1	4 10 0	4 9 9
6		8	21 10 30	21 6 27
7			23 7 0	23 2 55
8			0 4 0	23 59 54
9			1 2 0	0 57 53
10		9	4 50 45	4 46 34
11			6 45 45	6 41 32
12			7 42 30	7 38 16
13			8 40 0	8 35 45
14		10	1 8 0	1 3 28
15			6 53 0	6 48 22
16			8 49 30	8 44 50
17			21 33 0	21 28 7
18			22 31 30	22 26 36
19			1 29 0	1 24 3
20		11	6 20 0	6 14 58
21		12	21 25 0	21 19 18
22			22 23 30	22 17 47
23			0 19 30	0 13 45
24			1 17 30	1 11 44
25		13	3 12 30	3 6 42
26			4 9 30	4 3 41

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

			h ′	′ ″
1 bis 4	März	31	15 46	58 13,1
2 - 5			0 36	57 36,6
6 - 9	Apr.	8	23 3	57 50,5
8 - 10		9	2 36	57 18,2
10 - 13			6 41	57 17,1
14 - 16		10	4 44	57 38,6
17 - 19			23 37	59 2,3
19 - 20		11	3 55	58 12,0
21 - 24		12	23 21	58 6,0
23 - 26		13	2 15	57 30,0

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung
	h ′	″
März 30	5 22	+ 2,013
31	0 23	+ 3,094
Apr. 8	7 29	+ 6,503
9	6 24	+ 6,962
10	9 59	+ 7,770
Aus Sonnenbeobb.....		

		Tägliche Veränderung
	h ′	″
März 31	2 53	+ 0,603
Apr. 4	15 56	+ 0,467
8	18 57	+ 0,482
9	20 12	+ 0,703
10	13 16	+ 0,748
11	13 19	+ 0,768

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch		St. Z.	*k*	*z*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
I. *a.*	März 31	21 46	57 48,4	+ 0,579	0,9975639
I. *b.*	Apr. 8	22 48	57 52,8	+ 0,516	0,9975628
I. *c.*	9	6 22	57 17,2	+ 0,582	0,9975665
I. *d.*	10	4 23	57 38,2	+ 0,725	0,9975664
I. *e.*	10	23 52	58 59,4	+ 0,757	0,9975601
I. *f.*	12	23 59	57 58,2	+ 0,777	0,9975653

Versuch I.*a*. 1826 März 31. $21^h\,46'$ Stz. Barometer 336,81 *L*. + 3°,1 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

0	20 44 44″	509	20 59 22″	1007	21 13 41″	1516	21 28 19″	2025	21 42 57″
40	45 53	549	21 0 31	1018	14 0	1527	28 38	2054	43 47
80	47 2	578	1 21	1087	15 59	1596	30 37	2065	44 6
160	49 20	589	1 40	1098	16 18	1607	30 56	2105	45 15
189	50 10	618	2 30	1116	16 49	1636	31 46	2134	46 5
229	51 19	658	3 39	1127	17 8	1676	32 55	2145	46 24
		669	3 53	1167	18 17	1687	33 14	2214	48 23
		738	5 57	1178	18 36	1716	34 4	2225	48 42
116 $\frac{1}{3}$	20 48 4 $\frac{2}{3}$	613,5	21 2 22 $\frac{1}{4}$	1099 $\frac{3}{4}$	21 16 21	1620 $\frac{1}{8}$	21 31 18 $\frac{5}{8}$	2120 $\frac{7}{8}$	21 45 42 $\frac{3}{8}$

2534	21 57 35″	3003	22 11 4″	3530	22 26 13″	4010	22 40 1″
2545	57 54	3032	11 54	3541	26 32	4021	40 20
2563	58 25	3043	12 13	3581	27 41	4050	41 10
2574	58 44	3072	13 3	3592	28 0	4090	42 19
2614	59 53	3083	13 22	3610	28 31	4101	42 38
2625	22 0 12	3152	15 21	3621	28 50	4130	43 28
2643	0 43	3163	15 40	3661	29 52	4148	43 59
2654	1 2	3192	16 30	3672	30 18	4159	44 18
2683	1 52	3232	17 39	3690	30 49	4170	44 37
2723	3 1	3243	17 58	3701	31 8	4181	44 56
2615,8	21 59 56,1	3121,5	22 14 28,4	3619,9	22 28 48,1	4106,0	22 42 46,6

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t	t'''	Rechnung 1″,72492858	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
120	20 48 10,9915	38,3	3,48	3,40	20 48 10,9874	—0,0041
620	21 2 33,4621	33,8			21 2 33,4621	0,0000
1120	16 55,9300	29,8	3,50	3,42	16 55,9345	+0,0045
1620	31 18,4094	26,4			31 18,4051	—0,0043
2120	45 40,8657	23,6	3,51	3,45	45 40,8744	+0,0087
2620	22 0 3,3449	20,9			22 0 3,3427	—0,0022
3120	14 25,8126	18,8	3,51	3,48	14 25,8102	—0,0024
3620	28 48,2725	16,9			28 48,2771	+0,0046
4120	43 10,7481	15,4	3,53	3,53	43 10,7437	—0,0044

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	σ'	σ''	σ'''	t'	t'''
		°	°	°	°	°
Anfang	13,883	3,44	3,29	3,50	3,48	3,40
Ende...	13,887	3,53	3,39	3,59	3,54	3,54
Mittel..	13,885	3,485	3,34	3,545	3,51	3,47

Gemessene Länge ..... F — 1^L,2524
Temperatur von F = 3°,39 + 0,0184
Toise. Temperatur = 3,46 863,8732
Elasticität des Fadens ... + 0,0012
Länge des Pendels .. = F + 862,6434

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72492858 Uhrz. ..... = 1″,7207265 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 1305^L,1942 + 2,9609 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,2040 — 0,0005 ε — 0,2040 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0,2377
——— auf F ..... — 862,6434
Resultat des Versuchs ..... F = 442,5845 + 2,9604 ε — 0,2040 *k*

Versuch I. *b.* 1826 April 8. $22^h\,48'$ Stz. Barometer 336,80 *L.* + 5°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 43 42″	469	21 57 11″	989	22 12 8″	1458	22 25 37″	1967	22 40 15″
40	44 51	480	57 30	1029	13 17	1498	26 46	1978	40 34
51	45 10	520	58 39	1069	14 26	1538	27 55	2007	41 24
80	46 0	549	59 29	1109	15 35	1549	28 14	2047	42 33
120	47 9	560	59 48	1138	16 25	1578	29 4	2087	43 42
160	48 18	589	22 0 38	1178	17 34	1618	30 13	2127	44 51
		629	1 47			1658	31 22	2167	46 0
		669	2 56			1698	32 31	2207	47 9
$75\frac{1}{6}$	21 45 51$\frac{2}{3}$	$558\frac{1}{6}$	21 59 44$\frac{3}{4}$	$1085\frac{1}{3}$	22 14 54$\frac{1}{6}$	$1574\frac{3}{8}$	22 28 57$\frac{3}{4}$	$2073\frac{3}{8}$	22 43 18,5

2476	22 54 53″	2956	23 8 41″	3494	23 24 9″	3963	23 37 38″		
2516	56 2	2985	9 31	3505	24 28	4003	38 47		
2527	56 21	2996	9 50	3534	25 18	4014	39 6		
2556	57 11	3145	10 7	3545	25 37	4043	39 56		
2596	58 20	3156	14 26	3574	26 27	4054	40 15		
2636	59 29	3185	15 16	3585	26 46	4083	41 5		
2676	23 0 38	3225	16 25	3614	27 36	4094	41 24		
2716	1 47	3265	17 34	3625	27 55	4123	42 14		
				3654	28 45	4163	43 23		
				3665	29 4	4174	43 42		
$2587\frac{1}{8}$	22 58 5$\frac{1}{8}$	$3114\frac{1}{8}$	23 13 13$\frac{3}{4}$	$3579\frac{1}{2}$	23 26 36$\frac{1}{2}$	4071,4	23 40 45,0		

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t''	Rechnung 1″,72494814	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
80	21 46 0,0040	39,0	4,73	5,00	21 46 0,0023	−0,0017
580	22 0 22,4835	34,2			22 0 22,4867	+0,0032
1080	14 44,9669	30,1	4,78	5,00	14 44,9687	+0,0018
1580	29 7,4529	26,8			29 7,4489	−0,0040
2080	43 29,9279	23,8	4,85	5,01	43 29,9279	0,0000
2580	57 52,4034	21,3			57 52,4060	+0,0026
3080	23 12 14,8857	19,2	5,00	5,05	23 12 14,8835	−0,0022
3580	26 37,3625	17,2			26 37,3606	−0,0019
4080	40 59,8347	15,5	5,04	5,13	40 59,8373	+0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebs.	e'	e''	e'''	t'	t''
		°	°	°	°	°
Anfang	13,842	4,87	4,78	5,06	4,70	5,00
Ende...	13,834	4,93	4,83	5,06	5,04	5,17
Mittel..	13,838	4,90	4,805	5,06	4,87	5,085

Gemessene Länge ..... F — $1^L,2482$
Temperatur von F = 4°,84 + 0,0262
Toise. Temperatur = 4,96 863,8880
Elasticität des Fadens ... + 0,0042
Länge des Pendels .. = F + 862,6702

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72494814 Uhrz..... = 1″,7207441 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305^L,2209 + 2,9609\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum..... $-0,2029 - 0,0005\,\varepsilon - 0,2028\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel..... + 0,2377
——— auf F..... − 862,6702
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,5855 + 2,9604\,\varepsilon - 0,2028\,k$

Versuch I. *c.* 1826 April 9. $6^h\ 22'$ Stz. Barometer 337,52 *L.* + 7°,6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite	Temperatur		Rechnung	Fehler
	h ′ ″	″	′	″	h ′ ″	″
0	5 22 23,5	14,65	5,71	5,86	5 22 23,5011	+ 0,0011
648	33 13,5	13,7			33 13,4998	— 0,0002
1296	44 3,5	12,8	5,71	5,93	44 3,4974	— 0,0026
1946	54 55,5	11,9			54 55,4999	— 0,0001
2596	6 5 47,5	11,0	5,74	5,99	6 5 47,5015	+ 0,0015
3246	16 39,5	10,3			16 39,5023	+ 0,0023
3895	27 30,5	9,6	5,79	6,04	27 30,4996	— 0,0006
4545	38 22,5	8,9			38 22,4991	— 0,0009
5195	49 14,5	8,3	5,82	6,06	49 14,4982	— 0,0018
5846	7 0 7,5	7,8			7 0 7,4999	— 0,0001
6497	11 0,5	7,3	5,81	6,06	11 0,5012	+ 0,0013

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	ε'	ε''	ε'''	t'	t''
		°	°	°	°	°
Anfang.	13,829	5,59	5,47	5,69	5,60	5,80
Ende ...	13,801	5,80	5,72	6,26	5,80	6,06
Mittel..	13,815	5,695	5,595	5,975	5,70	5,93

Gemessene Länge ..... F — 1,2461
Temperatur von $F = 5°,63$ ..... + 0,0305
Elasticität des Fadens ..... + 0,0014
Länge des Pendels ..... $= F$ — 1,2142

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00306920 Uhrz. ..... = 1″,0006282 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $441,^L3640$ + 1,0013 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 0685 — 0,0002 ε — 0,0685 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0, 0410
——— auf F ..... + 1, 2142
Resultat des Versuchs ..... $F = 442, 4687 + 1,0011\,\varepsilon - 0,0685\,k$

Versuch I. *d.* 1826 April 10. $4^h\,23'$ Stz. Barometer 335,97 *L.* + 9°,1 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t''	Rechnung 1″,00306809	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	3 24 18,5	13,5	6,14	6,37	3 24 18,5048	+ 0,0048
648	35 8,5	12,7			35 8,5008	+ 0,0008
1297	45 59,5	11,9	6,19	6,43	45 59,4990	— 0,0010
1947	56 51,5	11,0			56 51,4994	— 0,0006
2596	4 7 42,5	10,3	6,25	6,54	4 7 42,4951	— 0,0049
3247	18 35,5	9,7			18 35,4975	— 0,0025
3898	29 28,5	9,0	6,31	6,63	29 28,4993	— 0,0007
4549	40 21,5	8,4			40 21,5007	+ 0,0007
5199	51 13,5	7,9	6,31	6,68	51 13,4985	— 0,0015
5851	5 2 7,5	7,4			5 2 7,5022	+ 0,0022
6502	13 0,5	7,0	6,34	6,74	13 0,5026	+ 0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	θ'	θ''	θ'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	13,756	5,92	6,02	6,53	6,11	6,40
Ende ...	13,753	6,21	6,26	6,97	6,39	6,74
Mittel..	13,7545	6,065	6,14	6,75	6,25	6,57

Gemessene Länge	F — 1,2407
Temperatur von $F = 6°,11$	+ 0,0331
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F$ — 1,2062

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00306809 Uhrz. ..... = 1″,0006270 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. ..... $441\frac{L}{3630}$ + 1,0013 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 0681 — 0,0002 ε — 0,0680 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0, 0410
——— auf *F* ..... + 1, 2062
Resultat des Versuchs ..... $F = 442, 4601 + 1,0011\,\varepsilon - 0,0680\,k$

Versuch I. *e.* 1826 Apr. 10. $23^h\ 52'$ Stz. Barometer 336,40 *L.* + 7°,5 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	22 46 28	560	23 2 34	1040	23 16 22	1520	23 30 10	2029	23 44 48
80	48 46	571	2 53	1080	17 31	1531	30 29	2040	45 7
91	49 5	600	3 43	1120	18 40	1549	31 0	2080	46 16
120	49 55	611	4 2	1131	18 59	1560	31 19	2109	47 6
160	51 4	640	4 52	1160	19 49	1600	32 28	2120	47 25
240	53 22	651	5 11	1200	20 58	1629	33 18	2189	49 24
		720	7 10			1640	33 37	2200	49 43
		731	7 29			1680	34 46	2240	50 52
$115\frac{1}{6}$	22 49 46$\frac{2}{3}$	$635\frac{1}{2}$	23 4 44$\frac{1}{3}$	$1121\frac{5}{6}$	23 18 43$\frac{1}{6}$	$1588\frac{5}{8}$	23 32 8$\frac{3}{8}$	$2125\frac{7}{8}$	23 47 35$\frac{1}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2520	23 58 55	3029	0 13 33	3549	0 28 30	4007	0 41 40
2589	0 0 54	3040	13 52	3560	28 49	4018	41 59
2600	1 13	3069	14 42	3589	29 39	4029	42 18
2669	3 12	3080	15 1	3629	30 48	4058	43 8
2680	3 31	3109	15 51	3658	31 38	4069	43 27
2749	5 30	3149	17 0	3669	31 57	4087	43 58
		3160	17 19	3709	33 6	4098	44 17
		3189	18 9	3738	33 56	4109	44 36
		3229	19 18	3749	34 15	4138	45 26
		3240	19 37	3778	35 5	4167	46 16
$2634\frac{1}{2}$	0 2 12,5	3129,4	0 16 26,2	3662,8	0 31 46,3	4078	0 43 42,5

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72497638	Fehler
	h ′ ″	a	t′	t‴	h ′ ″	″
120	22 49 55,0041	39,5	6,66	6,96	22 49 55,0091	+0,0050
620	23 4 17,5128	34,6			23 4 17,5080	−0,0048
1120	18 40,0042	30,5	6,71	7,02	18 40,0045	+0,0003
1620	33 2,4962	26,8			33 2,4992	+0,0030
2120	47 24,9907	23,9	6,74	7,08	47 24,9925	+0,0018
2620	0 1 47,4878	21,6			0 1 47,4850	−0,0028
3120	16 9,9852	19,3	6,75	7,17	16 9,9768	−0,0084
3620	30 32,4700	17,3			30 32,4680	−0,0020
4120	44 54,9500	15,7	6,78	7,26	44 54,9589	+0,0089

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebl.	t′	t″	t‴	t′	t‴
	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,572	6,55	6,49	6,97	6,65	6,94
Ende...	13,574	6,69	6,64	7,11	6,79	7,28
Mittel .	13,573	6,62	6,565	7,04	6,72	7,11

Gemessene Länge.....	*F*— 1,2243
Temperatur von *F* = 6°,58	+ 0,0356
Toise. Temperatur = 6°,85	863,9066
Elasticität des Fadens . . .	+ 0,0042
Länge des Pendels . . .	= *F* + 862,7221

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72497638 Uhrz. ..... = 1″,7207676 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305^L,2566$ + 2,9610 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 2012 — 0,0005 ε — 0,2012 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0, 2378
——— auf *F* ..... — 862, 7221
Resultat des Versuchs ..... *F* = 442, 5711 + 2,9605 ε — 0,2012 *k*

Versuch I. *f.* 1826 Apr. 12. $23^h\ 59'$ Stz. Barometer 332,19 *L.* + 9°,6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	22 52 26	520	23 7 23	1011	23 21 30	1491	23 35 18	1971	23 49 6
40	53 35	531	7 42	1051	22 39	1531	36 27	2011	50 15
51	53 54	571	8 51	1080	23 29	1542	36 46	2051	51 24
91	55 3	600	9 41	1091	23 48	1571	37 36	2091	52 33
120	55 53	611	10 0	1160	25 47	1611	38 45	2102	52 52
131	56 12	640	10 50	1171	26 6	1651	39 54	2131	53 42
		651	11 9	1200	26 56	1662	40 13	2171	54 51
		680	11 59	1211	27 15	1702	41 22	2182	55 10
		691	12 18						
72 $\frac{1}{6}$	22 54 30,5	610 $\frac{5}{9}$	23 9 59 $\frac{2}{9}$	1121 $\frac{7}{8}$	23 24 41 $\frac{1}{4}$	1595 $\frac{1}{8}$	23 38 17 $\frac{5}{8}$	2088 $\frac{3}{4}$	23 52 19 $\frac{1}{8}$

2491	0 4 3	3000	0 18 41	3491	0 32 48	4011	0 47 45
2531	5 12	3011	19 0	3502	33 7	4022	48 4
2542	5 31	3022	19 19	3531	33 57	4080	49 44
2571	6 21	3051	20 9	3542	34 16	4091	50 3
2611	7 30	3062	20 28	3571	35 6	4102	50 22
2622	7 49	3091	21 18	3582	35 25	4171	52 21
2651	8 39	3102	21 37	3611	36 15	4182	52 40
2662	8 58	3131	22 27	3622	36 34	4251	54 39
2691	9 48	3171	23 36	3651	37 24		
2731	10 57	3182	23 55	3662	37 43		
2610,3	0 7 28,8	3082,3	0 21 3	3576,5	0 35 15,5	4113 $\frac{3}{4}$	0 50 42 $\frac{1}{4}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung	Fehler
	h ′ ″	u	t′	t″	1″,72499552	″
100	22 35 18,5125	39,9	7,75	8,57	22 55 18,5089	—0,0036
600	23 9 41,0140	34,6			23 9 41,0174	+0,0034
1100	24 3,5156	30,4	7,82	8,54	24 3,5233	+0,0077
1600	38 26,0344	27,1			38 26,0275	—0,0069
2100	52 48,5313	24,1	7,92	8,56	52 48,5303	—0,0010
2600	0 7 11,0325	21,5			0 7 11,0323	—0,0002
3100	21 33,5325	19,3	7,95	8,62	21 33,5334	+0,0009
3600	35 56,0375	17,3			35 56,0341	—0,0034
4100	50 18,5313	15,5	7,99	8,72	50 18,5345	+0,0032

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t′	t″	t‴	t′	t″′
	n	°	°	°	°	°
Anfang	13,535	7,76	7,79	8,40	7,73	8,58
Ende...	13,523	7,96	8,19	8,50	8,00	8,75
Mittel .	13,529	7,86	7,99	8,45	7,865	8,665

Gemessene Länge	*F*—1,2201
Temperatur von *F* = 7°,94 ..	+0,0430
Toise, Temperatur = 8,26 ..	863,9205
Elasticität des Fadens.....	+0,0042
Länge des Pendels...	= *F* + 862,7476

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72499552 Uhrz..... = 1″,7207957 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305\frac{L}{,}2992$ + 2,9611 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 2008 — 0,0005 ε — 0,2007 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0, 2378
——— auf *F*..... — 862, 7476
Resultat des Versuchs..... *F* = 442, 5886 + 2,9606 ε — 0,2007 *k*

2te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,69 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

			R	*P*
			h ′ ″	h ′ ″
1	Apr.	18	22 9 0	22 0 52
2		19	2 3 0	1 54 48
3			3 58 30	3 50 16
4			4 57 0	4 48 45
5			7 51 30	7 43 12
6			21 31 0	21 22 28
7			22 30 0	22 21 27
8			23 28 30	23 19 56
9			0 27 0	0 18 25
10		20	4 18 0	4 9 21
11			6 14 0	6 5 19
12			7 12 30	7 3 48
13			21 35 0	21 26 3
14			22 32 30	22 23 32
15			23 29 30	23 20 31
16			0 26 30	0 17 30
17			1 23 0	1 13 59
18		21	2 20 0	2 10 58
19			3 18 0	3 8 57
20			22 14 0	22 4 37
21			23 11 30	23 2 6
22			0 7 30	23 58 5
23			1 5 0	0 55 34
24		22	2 1 0	1 51 33
25			2 58 0	2 48 32
26			4 50 0	4 40 30
27			7 40 30	7 30 57

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h ′	′ ″
1 bis 2	Apr. 18	0 6	58 30,0
2 - 5	19	5 3	58 6,4
6 - 9	19	22 59	58 39,0
9 - 12	20	3 41	57 54,0
13 - 17	20	23 29	57 0,0
15 - 19	20	1 23	57 3,0
20 - 24	21	0 7	56 45,0
24 - 27	22	4 54	56 32,1

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung			Tägliche Veränderung
	h ′	″		h ′	″
Apr. 17	10 20	+ 11,233	Apr. 18	9 43	+ 0,840
19	9 6	+ 12,870	19	21 18	+ 0,888
20	9 30	+ 13,773	20	20 30	+ 0,581
21	7 29	+ 14,306	21	17 58	+ 0,405
22	4 26	+ 14,660	22	17 55	+ 0,499
23	7 24	+ 15,221			

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
II. *a*.	Apr. 18	23 19	58 33,8	+ 0,859	0,9975634
II. *b*.	19	5 14	58 5,6	+ 0,869	0,9975658
II. *c*.	19	23 22	58 35,4	+ 0,861	0,9975633
II. *d*.	20	4 35	57 45,4	+ 0,791	0,9975666
II. *e*.	20	22 56	56 59,1	+ 0,561	0,9975678
II. *f*.	21	23 19	56 47,2	+ 0,425	0,9975673

Versuch II. *a.* 1826 Apr. 18. $23^h\ 19'$ Stz. Barometer 340,10 *L.* + 4°,6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	22 h 9′ 34″	531	22 h 24′ 50″	1062	22 h 40′ 6″	1484	22 h 52′ 14″	2015	23 h 7′ 30″
40	10 43	542	25 9	1073	40 25	1513	53 4	2044	8 20
80	11 52	571	25 59	1142	42 24	1524	53 23	2055	8 39
120	13 1	611	27 8	1153	42 43	1553	54 13	2095	9 48
160	14 10	622	27 27	1193	43 52	1564	54 32	2135	10 57
251	16 47	651	28 17			1604	55 41	2175	12 6
		662	28 36			1644	56 50	2186	12 25
		691	29 26			1684	57 59	2215	13 15
		702	29 45						
		731	30 35						
$108\frac{1}{2}$	22 12 41 $\frac{1}{4}$	631,4	22 27 43,2	$1124\frac{2}{3}$	22 41 54	$1571\frac{1}{4}$	22 54 44,5	2115	23 10 22,5

2535	23 h 22′ 27″	3026	23 h 36′ 34″	3557	23 h 51′ 50″	4048	0 h 5′ 57″
2546	22 46	3037	36 53	3568	52 9	4059	6 16
2575	23 36	3055	37 24	3637	54 8	4070	6 35
2586	23 55	3088	38 21	3648	54 27	4117	7 56
2615	24 45	3106	38 52	3717	56 26	4139	8 34
2626	25 4	3117	39 11	3797	58 44	4159	8 53
2655	25 54	3157	40 20			4219	10 52
2666	26 13	3168	40 39			4230	11 11
2706	27 22	3186	41 10				
2735	28 12	3197	41 29				
2624,5	23 25 1,4	3113,7	23 39 5,3	3654	23 54 37 $\frac{1}{2}$	4129	0 8 16 $\frac{3}{4}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72504248	Fehler
	h ′ ″	n	t′	t‴	h ′ ″	
110	22 12 43,7543	39,3	4,25	4,56	22 12 43,7543	0,0000
610	27 6,2838	34,1			27 6,2858	+0,0020
1110	41 28,8142	30,0	4,27	4,59	41 28,8147	+0,0005
1610	55 51,3459	26,4			55 51,3419	−0,0040
2110	23 10 13,8747	23,5	4,38	4,62	23 10 13,8679	−0,0068
2610	24 36,3867	20,9			24 36,3930	+0,0063
3110	38 58,9173	18,5	4,43	4,71	38 58,9175	+0,0002
3610	53 21,4309	16,4			53 21,4414	+0,0105
4110	0 7 43,9739	14,6	4,51	4,82	0 7 43,9651	−0,0088

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t′	t″	t‴	t′	t‴
	R	°	°	°	°	°
Anfang	12,125	4,35	4,33	4,66	4,25	4,56
Ende...	12,119	4,56	4,48	4,76	4,53	4,84
Mittel..	12,122	4,455	4,405	4,71	4,39	4,70

Gemessene Länge . . . . . F — 1,0934
Temperatur von F = 4°,42 . + 0,0239
Toise, Temperatur = 4°,58 . 863,8843
Elasticität des Fadens . . . . . + 0,0042
Länge des Pendels . . . = F + 862,8190

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72504248 Uhrz. . . . . = 1″,7208393 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . 1305,^{L}3653 + 2,9612 ε
Reduction auf den leeren Raum . . . . . — 0,2053 — 0,0005 ε — 0,2052 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0,2383
——— auf F . . . . . — 862,8190
Resultat des Versuchs . . . . . F = 442,5793 + 2,9607 ε — 0,2052 *k*

Versuch II. *b*. 1826 Apr. 19. $5^h\,14'$ Stz. Barometer 340,34 *L*. + 5°,2 *C*

Beobachtete Coincidenzen.

0	4 4 26	531	4 19 42	1033	4 34 8	1564	4 49 24	2044	5 3 12
40	5 35	542	20 1	1062	34 58	1593	50 14	2055	3 31
80	6 44	611	22 0	1073	35 17	1604	50 33	2124	5 30
160	9 2	691	24 18	1142	37 16	1644	51 42	2135	5 49
240	11 20	702	24 37	1153	37 35	1673	52 32	2175	6 58
251	11 39	742	25 46	1193	38 44	1684	52 51	2186	7 17
				1233	39 53	1724	54 0	2204	7 48
				1273	41 2	1764	55 9	2215	8 7
128	4 8 7	636	4 22 44	1145	4 37 21	1656	4 52 3	2142	5 6 1,5

2575	5 18 28	3037	5 31 45	3557	5 46 42	4059	6 1 8
2586	18 47	3077	32 54	3568	47 1	4070	1 27
2626	19 56	3106	33 44	3648	49 19	4139	3 26
2637	20 15	3117	34 3	3728	51 37	4219	5 44
2666	21 5	3157	35 12	3739	51 56	4230	6 3
2706	22 14	3168	35 31	3808	53 55		
2717	22 33	3197	36 21				
2786	24 32	3237	37 30				
2662	5 20 58	3137	5 34 37,5	3674	5 50 5	4143	6 3 33,6

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1″,72504470	Fehler
140	4 8 27,5048	39,7	4,83	4,95	4 8 27,5023	−0,0025
640	22 50,0377	34,8			22 50,0358	−0,0019
1140	37 12,5685	30,5	4,95	4,95	37 12,5669	−0,0016
1640	51 35,0928	26,9			51 35,0961	+0,0033
2140	5 5 57,6186	24,0	4,98	4,96	5 5 57,6240	+0,0054
2640	20 20,1519	21,4			20 20,1508	−0,0011
3140	34 42,6752	19,3	5,00	5,00	34 42,6769	+0,0017
3640	49 5,1981	17,3			49 5,2023	+0,0042
4140	6 3 27,7348	15,5	4,94	5,00	6 3 27,7272	−0,0076

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb. R	e'	e''	e'''	t'	t'''
Anfg.	12,099	4,87	4,78	5,01	4,81	4,95
Ende	12,098	4,97	4,83	5,06	4,93	5,00
Mittel	12,0985	4,92	4,805	5,035	4,87	4,975

Gemessene Länge	F — 1,0913
Temperatur von F = 4°,84.	+ 0,0262
Toise, Temperatur = 4°,94.	863,8878
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels....	= F + 862,8269

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72504470 Uhrz. ..... = 1″,7208456 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305{,}^{L}3749 + 2{,}9613\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-\,0{,}2051 - 0{,}0005\,\varepsilon - 0{,}2050\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... $+\,0{,}2383$
——— auf F ..... $-\,862{,}8269$
Resultat des Versuchs..... $F = 442{,}5812 + 2{,}9608\,\varepsilon - 0{,}2050\,k$

Versuch II. *c.* 1826 Apr. 19. $23^h\ 22'$ Stz. Barometer 341,57 *L.* $+ 4°,7$ *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur α	t'	t''	Rechnung $1'',00322861$	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	22 21 30,5	12,4	4,53	4,47	22 21 30,4998	— 0,0002
617	31 49,5	11,6			31 49,4985	— 0,0015
1236	42 10,5	10,9	4,53	4,47	42 10,5029	+ 0,0029
1853	52 29,5	10,2			52 29,5001	+ 0,0001
2470	23 2 48,5	9,6	4,59	4,50	23 2 48,4968	— 0,0032
3089	13 9,5	9,0			13 9,4995	— 0,0005
3708	23 30,5	8,5	4,59	4,50	23 30,5015	+ 0,0017
4326	33 50,5	8,0			33 50,5005	+ 0,0005
4945	44 11,5	7,5	4,62	4,56	44 11,5020	+ 0,0020
5563	54 31,5	7,1			54 31,5001	+ 0,0001
6181	0 4 51,5	6,7	4,62	4,58	0 4 51,4979	— 0,0021

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t'	t''	t'''	t'	t''
	″	°	°	°	°	°
Anfang.	12,288	4,49	4,33	4,62	4,48	4,39
Ende ...	12,284	4,73	4,53	4,71	4,62	4,61
Mittel ..	12,286	4,61	4,43	4,665	4,55	4,50

Gemessene Länge . . . . . F	— 1,1082
Temperatur von $F = 4°,49$	+ 0,0243
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels . . . . . $= F$	— 1,0825

Beobachtete Schwingungszeit $= 1'',00322861$ Uhrz. . . . . $= 1'',0007840$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . $441,^L5016 + 1,0016\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum . . . . . $— 0,0697 — 0,0002\,\varepsilon — 0,0697\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . $— 0,0404$
——— auf F . . . . . $+ 1,0825$
Resultat des Versuchs . . . . . $442,4740 + 1,0014\,\varepsilon — 0,0697\,k$

Versuch II. *d.* 1826 Apr. 20. $4^h\ 35'$ Stz. Barometer 341,47 *L.* $+ 5°,6$ *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur s	t'	t''	Rechnung 1″,00322011	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	3 34 18,5	12,3	5,18	5,03	3 34 18,5025	+ 0,0025
618	44 38,5	11,5			44 38,4992	— 0,0008
1237	54 59,5	10,8	5,18	5,03	54 59,4982	— 0,0018
1857	4 5 21,5	10,1			4 5 21,4998	— 0,0002
2476	15 42,5	9,5	5,18	5,03	15 42,4975	— 0,0025
3097	26 5,5	8,9			26 5,5010	+ 0,0010
3717	36 27,5	8,4	5,18	5,06	36 27,5010	+ 0,0010
4337	46 49,5	8,0			46 49,5007	+ 0,0007
4957	57 11,5	7,5	5,21	5,09	57 11,5001	+ 0,0001
5578	5 7 34,5	7,0			5 7 34,5023	+ 0,0023
6197	17 55,5	6,5	5,21	5,12	17 55,4979	— 0,0021

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	t'	t''
	B	°	°	°	°	°
Anfang.	12,341	5,16	4,93	5,10	5,15	5,01
Ende ...	12,339	5,26	5,03	5,30	5,21	5,12
Mittel ..	12,340	5,21	4,98	5,20	5,18	5,065

Gemessene Länge	F — 1,1131
Temperatur von $F = 5°,06$	+ 0,0274
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F$ — 1,0843

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00322011 Uhrz. ..... = 1″,0007789 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. ..... $441^L,4970 + 1,0016\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $- 0,0695 - 0,0002\,\varepsilon - 0,0695\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0404
——— auf F ..... + 1,0843
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,4713 + 1,0014\,\varepsilon - 0,0695\,k$

Versuch II. *e.* 1826 Apr. 20. $22^h\,56'$ Stz. Barometer 342,42 *L.* $+4°,8$ *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 45 38″	531	22 0 54″	1033	22 15 20″	1524	22 29 27″	2015	22 43 34″
51	47 6	542	1 13	1044	15 39	1564	30 36	2026	43 53
80	47 56	582	2 22	1073	16 29	1604	31 45	2055	44 43
91	48 15	593	2 41	1113	17 38	1615	32 4	2066	45 2
211	51 42	622	3 31	1124	17 57	1644	32 54	2095	45 52
251	52 51	662	4 40	1153	18 47	1655	33 13	2106	46 11
		673	4 59	1164	19 6	1724	35 12	2146	47 20
		702	5 49	1193	19 56	1735	35 31	2175	48 10
				1204	20 15			2186	48 29
				1273	22 14			2226	49 38
114	21 48 54 $\frac{2}{3}$	613 $\frac{3}{8}$	22 3 16 $\frac{1}{8}$	1137,4	22 18 20,1	1633 $\frac{1}{6}$	22 32 35 $\frac{1}{4}$	2109,6	22 46 17,2

2517	22 58 0″	3048	23 13 16″	3510	23 26 33″	4059	23 42 20″
2528	68 19	3059	13 35	3579	28 32	4070	42 39
2546	58 50	3077	14 6	3590	28 51	4139	44 38
2557	59 9	3088	14 25	3659	30 50	4150	44 57
2626	23 1 8	3128	15 34	3670	31 9	4161	45 16
2637	1 27	3139	15 53	3739	33 8	4219	46 56
2677	2 36	3208	17 52	3750	33 27	4230	47 15
2688	2 55	3219	18 11			4241	47 34
2717	3 45						
2757	4 54						
2625	23 1 6,3	3120 $\frac{3}{4}$	23 15 21,5	3642 $\frac{3}{7}$	23 30 21 $\frac{3}{7}$	4158 $\frac{5}{6}$	23 45 11 $\frac{7}{8}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72504862		Fehler
	h ′ ″	″	t′	t‴	h ′ ″		″
120	21 49 5,0170	38,6	4,85	5,02	21 49 5,0167		−0,0003
620	22 3 27,5535	33,9			22 3 27,5514		−0,0021
1120	17 50,0841	29,9	4,95	5,06	17 50,0839		−0,0002
1620	32 12,6087	26,6			32 12,6147		+0,0060
2120	46 35,1406	23,6	4,99	5,07	46 35,1442		+0,0036
2620	23 0 57,6747	21,2			23 0 57,6729		−0,0018
3120	15 20,2062	19,0	5,01	5,13	15 20,2008		−0,0054
3620	29 42,7381	17,1			29 42,7281		−0,0100
4120	44 5,2448	15,4	5,04	5,17	44 5,2550		+0,0102

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t′	t″	t‴	t⁽ⁱᵛ⁾	t⁽ᵛ⁾
	R	°	°	°	°	°
Anfg.	12,151	4,83	4,73	5,06	4,81	5,00
Ende.	12,157	5,02	4,83	5,15	5,04	5,17
Mittel	12,154	4,925	4,78	5,105	4,925	5,085

Gemessene Länge	F — 1,0963
Temperatur von $F = 4°,83$.	+ 0,0261
Toise, Temperatur $= 4°,97$.	863,8881
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels. . . .	$= F$ + 862,8221

Beobachtete Schwingungszeit $= 1'',72504862$ Uhrz ..... $= 1'',7208530$ MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305,^{L}3861 + 2,9613\,\varepsilon$

Reduction auf den leeren Raum ..... $-0,2063 - 0,0005\,\varepsilon - 0,2062\,k$

——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... $+0,2383$

——— auf F ..... $-862,8221$

Resultat des Versuchs ..... $F = 442,5960 + 2,9608\,\varepsilon - 0,2062\,k$

Versuch II. *f.* 1826 April 21. $23^h\ 19'$ Stz. Barometer 343,00 *L.* + 6°,5 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	22 8 40	531	22 23 56	1022	22 38 3	1524	22 52 29	2015	22 6 36
40	9 49	542	24 15	1033	38 22	1564	53 38	2055	7 45
80	10 58	582	25 24	1073	39 31	1575	53 57	2095	8 54
131	12 26	622	26 33	1113	40 40	1604	54 47	2106	9 13
160	13 16	662	27 42	1153	41 49	1644	55 56	2146	10 22
211	14 44	702	28 51	1193	42 58	1695	57 24	2175	11 12
								2186	11 31
								2226	12 40
$103\frac{2}{3}$	22 11 38 $\frac{5}{6}$	$606\frac{5}{6}$	22 26 6 $\frac{5}{6}$	$1097\frac{5}{6}$	22 40 13 $\frac{5}{6}$	1601	22 54 41 $\frac{5}{6}$	$2125\frac{1}{2}$	23 9 46 $\frac{5}{6}$

2506	23 20 43	2997	23 34 50	3528	23 50 6	4030	0 4 32
2546	21 52	3008	35 9	3539	50 25	4041	4 51
2557	22 11	3077	37 8	3579	51 34	4059	5 22
2597	23 20	3088	37 27	3608	52 24	4070	5 41
2626	24 10	3128	38 36	3619	52 43	4081	6 0
2637	24 29	3168	39 45	3659	53 52	4110	6 50
2666	25 19	3208	40 54	3699	55 1	4121	7 9
2677	25 38	3219	41 13	3739	56 10	4150	7 59
						4190	9 8
						4230	10 17
$2601\frac{1}{2}$	23 23 27 $\frac{3}{4}$	$3111\frac{5}{6}$	23 38 7 $\frac{3}{4}$	$3621\frac{1}{4}$	23 52 46 $\frac{7}{8}$	4108,2	0 6 46,9

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t	t'''	Rechnung 1″,72504900	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
110	22 11 49,7587	40,3	5,67	5,82	22 11 49,7572	−0,0015
610	26 12,2960	34,9			26 12,2929	−0,0031
1110	40 34,8215	30,8	5,72	5,87	40 34,8260	+0,0045
1610	54 57,3587	27,2			54 57,3573	−0,0014
2110	23 9 19,8866	24,2	5,76	5,96	23 9 19,8873	+0,0007
2610	23 42,4130	21,8			23 42,4164	+0,0034
3110	38 4,9468	19,5	5,79	6,05	38 4,9448	−0,0020
3610	52 27,4681	17,4			52 27,4726	+0,0045
4110	0 6 50,0051	15,6	5,77	6,08	0 6 49,9999	−0,0052

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	s'	s''	s'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	12,234	5,64	5,47	5,79	5,63	5,77
Ende ...	12,222	5,80	5,62	6,04	5,77	6,09
Mittel..	15,228	5,72	5,545	5,915	5,70	5,93

Gemessene Länge	F — 1,1030
Temperatur von $F = 5,^{\circ}61$.	+ 0,0304
Toise, Temperatur = 5,75 .	863,8958
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels...	$= F$ + 862,8274

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72504900 Uhrz. ..... = 1″,7208525 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305,^{L}3854 + 2,9613\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-0,2060 - 0,0005\,\varepsilon - 0,2059\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0, 2383
——— auf F ..... — 862, 8274
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,5903 + 2,9608\,\varepsilon - 0,2059\,k$

3te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,96 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

			R	*P*
			h ′ ″	h ′ ″
1	Apr.	23	21 32 0	21 20 47
2			22 28 30	22 18 16
3			0 21 30	0 11 14
4			1 17 0	1 6 43
5		24	3 9 30	2 59 11
6			6 48 0	6 37 37
7			7 43 0	7 32 36
8			22 29 0	22 18 20
9			23 24 0	23 13 19
10			0 20 0	0 9 18
11			1 14 30	1 3 47
12		25	3 4 0	2 53 15
13			3 58 30	3 47 44
14			4 52 0	4 41 13
15			5 46 0	5 35 12
16			6 41 0	6 30 11
17			7 35 0	7 24 10
18			21 23 30	21 12 25
19			22 21 0	22 9 54
20			1 11 0	0 59 51
21			2 7 30	1 56 20
22		26	6 47 30	6 36 15
23			7 42 30	7 31 14

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

			h ′	′ ″
1 bis 4	Apr.	23	23 25	56 18,0
4 - 7		24	4 33	55 2,0
8 - 11		24	23 52	55 15,0
11 - 17		25	4 27	54 18,3
18 - 21		25	23 46	56 45,9
20 - 23		26	4 27	55 53,1

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

		St. Z.	Verbesserung			Tägliche Veränderung
		h ′	″			″
Apr.	23	7 24	+15,221	Apr.	23	18 51 ′ + 0,502
	24	6 18	+15,700		24	17 35 + 0,610
	25	4 51	+16,273		25	16 15 + 0,397
	26	3 39	+16,650		26	16 22 + 0,179
	27	5 4	+16,840			

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch			St. Z.	*k*	*s*	t Schlag von *P*
			h ′	′ ″	″	″
III. *a.*	Apr.	23	23 30	56 16,8	+ 0,524	0,9975710
III. *b.*		24	4 39	55 0,5	+ 0,549	0,9975782
III. *c.*		24	23 38	55 17,9	+ 0,553	0,9975765
III. *d.*		25	5 3	54 10,9	+ 0,502	0,9975822
III. *e.*		25	23 48	56 45,5	+ 0,329	0,9975663
III. *f.*		26	5 40	55 39,4	+ 0,276	0,9975715

Versuch III. *a*. 1826 Apr. 23. $23^h\,30'$ Stz. Barometer 338,94 *L*. + 8°,4 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

0	22 18 48″	495	22 33 2″	1001	22 47 35″	1536	23 2 58″	2031	23 17 12″
51	20 16	506	33 21	1041	48 44	1547	3 17	2042	17 31
102	21 44	546	34 30	1052	49 3	1587	4 26	2082	18 40
142	22 53	597	35 58	1092	50 12	1598	4 45	2093	18 59
153	23 12	648	37 26	1103	50 31	1718	8 12	2133	20 8
182	24 2	688	38 35	1143	51 40	1729	8 31	2213	22 26
				1194	53 8			2224	22 45
				1223	53 58			2264	23 54
105	22 21 49 $\frac{1}{6}$	580	22 35 28 $\frac{2}{3}$	1106 $\frac{1}{8}$	22 50 36 $\frac{3}{8}$	1619 $\frac{1}{6}$	23 5 21,5	2135 $\frac{1}{4}$	23 20 11 $\frac{7}{8}$

2497	23 30 36″	2992	23 44 50″	3487	23 59 4″	3982	0 13 18″		
2537	31 45	3021	45 40	3516	59 54	3993	13 37		
2577	32 54	3032	45 59	3527	0 0 13	4011	14 18		
2588	33 13	3072	47 8	3567	1 22	4022	14 27		
2628	34 22	3083	47 27	3578	1 41	4062	15 36		
2639	34 41	3123	48 36	3618	2 50	4073	15 55		
2668	35 31	3134	48 55	3629	3 9	4102	16 45		
2708	36 40	3203	50 54	3658	3 59	4113	17 4		
				3669	4 18	4124	17 23		
				3698	5 18	4153	18 13		
2605 $\frac{1}{4}$	23 33 42 $\frac{3}{4}$	3082 $\frac{1}{2}$	23 47 26 $\frac{1}{8}$	3594,7	0 2 9,8	4063,5	0 15 38,6		

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung	Fehler
	h ′ ″	μ	t'	t'''	1″,72524654	″
100	22 21 40,5404	39,9	7,10	7,84	22 21 40,5392	−0,0012
600	36 3,1717	35,2			36 3,1731	+0,0014
1100	50 25,8078	31,0	7,21	7,84	50 25,8047	−0,0031
1600	23 4 48,4327	27,5			23 4 48,4345	+0,0018
2100	19 11,0599	24,4	7,26	7,92	19 11,0631	+0,0032
2600	33 33,6924	21,9			33 33,6907	−0,0017
3100	47 56,3169	19,6	7,29	8,03	47 56,3176	+0,0007
3600	0 2 18,9438	17,6			0 2 18,9441	+0,0003
4100	16 41,5716	15,9	7,36	8,13	16 41,5702	−0,0014

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebs.	ε'	ε''	ε'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°
Anfg.	9,075	7,12	7,10	7,80	7,07	7,84
Ende	9,061	7,27	7,35	8,10	7,38	8,16
Mittel	9,068	7,195	7,225	7,95	7,225	8,00

Gemessene Länge . . . . . F — 0,8179
Temperatur von $F = 7°,21$. + 0,0390
Toise, Temperatur $= 7°,65$. 863,9145
Elasticität des Fadens . . . . . + 0,0042
Länge des Pendels . . . . $= F$ + 863,1398

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72524654 Uhrz. . . . . = 1″,7210559 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . 1305,6939 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum . . . . . — 0,2024 — 0,0005 ε — 0,2024 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0,2395
——— auf *F* . . . . . — 863,1898
Resultat des Versuchs . . . . . $F = 442,5912 + 2,9615\,\varepsilon - 0,2024\,k$

Versuch III. *b.* 1826 April 24. 4^h 33′ Stz. Barometer 338,16 *L.* + 10°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	3 28 28	495	3 42 42	990	3 56 56	1536	4 12 38	1991	4 25 43
11	28 47	506	43 1	1001	57 14	1616	14 56	2031	26 52
80	30 46	626	46 28	1041	58 24	1627	15 15	2060	27 42
131	32 14	637	46 47	1052	58 43	1667	16 24	2071	28 1
142	32 33	677	47 56	1121	4 0 42	1718	17 52	2111	29 10
193	34 1	688	48 15	1183	2 29	1758	19 1	2122	29 29
								2162	30 38
								2213	32 6
$92\frac{5}{6}$	3 31 $8\frac{1}{6}$	$604\frac{5}{6}$	3 45 51,5	$1064\frac{2}{3}$	3 59 $4\frac{5}{6}$	$1653\frac{2}{3}$	4 16 1	$2095\frac{1}{8}$	4 28 $42\frac{5}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2566	4 42 15	3021	4 55 20	3516	5 9 34	4011	5 23 48
2577	42 34	3032	55 39	3527	9 53	4040	24 38
2606	43 24	3030	56 10	3556	10 43	4051	24 57
2617	43 43	3061	56 29	3596	11 52	4091	26 6
2657	44 52	3101	57 38	3607	12 11	4102	26 25
2668	45 11	3112	57 57	3647	13 20	4142	27 34
		3152	59 6	3658	13 39	4153	27 53
		3163	59 25	3698	14 48	4193	29 2
		3203	5 0 34				
		3232	1 24				
$2615\frac{1}{6}$	4 43 $39\frac{5}{6}$	3112,7	4 57 58,2	$3600\frac{5}{8}$	5 12 0	$4097\frac{7}{8}$	5 26 $17\frac{7}{8}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite	Temperatur		Rechnung 1″,72524226	Fehler
	h ′ ″	n	t′	t″	h ′ ″	″
100	3 31 20,5310	39,1	7,91	8,87	3 31 20,5281	−0,0029
600	45 43,1613	34,3			45 43,1598	−0,0015
1100	4 0 5,7921	30,3	7,96	8,93	4 0 5,7890	−0,0031
1600	14 28,4116	26,9			14 23,4163	+0,0047
2100	28 51,0356	23,9	8,00	8,97	28 51,0424	+0,0068
2600	43 13,6670	21,4			43 13,6676	+0,0006
3100	57 36,2893	19,3	8,01	8,99	57 36,2929	+0,0036
3600	5 11 58,9217	17,3			5 11 58,9160	−0,0057
4100	26 21,5412	15,6	8,09	9,12	26 21,5397	−0,0015

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	t′	t″
	R	°	°	°	°	°
Anfang	9,118	7,81	8,09	8,60	7,90	8,86
Ende...	9,100	8,15	8,33	9,00	8,11	9,14
Mittel..	9,109	7,98	8,21	8,80	8,005	9,00

Gemessene Länge	F −0,8216
Temperatur von F = 8°,13	+0,0440
Toise, Temperatur = 8,56	863,9235
Elasticität des Fadens ...	+0,0042
Länge des Pendels ..	$= F$ + 863,1501

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72524226 Uhrz..... = 1″,7210641 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 1305,^{L}7064 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... − 0,2013 − 0,0005 ε − 0,2013 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0,2395
——— auf F ..... − 863,1501
Resultat des Versuchs ..... F = 442,5945 + 2,9614 ε − 0,2013 *k*

Versuch III. *c.* 1826 April 24. $23^h\ 38'$ Stz. Barometer 336,60 *L.* + 9°,3 *C.*

	Beobachtete Coincidenzen	Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t''	Rechnung 1,″00354200	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	22 39 37,5	11,6	7,95	8,30	22 39 37,5037	+ 0,0037
563	49 2,5	10,9			49 2,5029	+ 0,0029
1125	58 26,5	10,3	8,00	8,33	58 26,4981	— 0,0019
1688	23 7 51,5	9,7			23 7 51,4964	— 0,0036
2252	17 17,5	9,1	8,03	8,36	17 17,4978	— 0,0022
2816	26 43,5	8,6			26 43,4977	— 0,0023
3380	36 9,5	8,15	8,06	8,38	36 9,4995	— 0,0005
3944	45 35,5	7,7			45 35,4999	— 0,0001
4508	55 1,5	7,3	8,06	8,41	55 1,5000	0,0000
5072	0 4 27,5	6,9			0 4 27,5000	0,0000
5637	13 54,5	6,4	8,11	8,47	13 54,5037	+ 0,0033

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	s'	s''	s'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,220	8,05	8,19	8,70	7,95	8,30
Ende ...	9,216	8,16	8,28	8,90	8,14	8,50
Mittel..	9,218	8,105	8,235	8,80	8,045	8,40

Gemessene Länge	F — 0,8315
Temperatur von $F = 8°,19$	+ 0,0443
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F$ — 0,7858

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00354200 Uhrz. ..... = 1″,0011099 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $441,^L_7890 + 1,0022\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-\ 0,0678 - 0,0002\,\varepsilon - 0,0678\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0394
——— auf F ..... + 0,7858

Resultat des Versuchs ..... $F = 442,4676 + 1,0020\,\varepsilon - 0,0678\,k$

Versuch III. *d.* 1826 Apr. 25. 5^h 3′ Stz. Barometer 335,50 *L.* + 11°,4 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t''	Rechnung 1″,00353604	Fehler
	° ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
0	4 4 55,5	12,2	8,53	8,94	4 4 55,5024	+ 0,0024
563	14 20,5	11,5			14 20,4988	— 0,0012
1127	23 44,5	10,9	8,56	8,97	23 44,4983	— 0,0017
1691	33 12,5	10,3			33 12,4973	— 0,0027
2256	42 39,5	9,7	8,59	9,03	42 39,4993	— 0,0007
2821	52 6,5	9,1			52 6,5008	+ 0,0008
3386	5 1 33,5	8,5	8,61	9,12	5 1 33,5021	+ 0,0021
3951	11 0,5	8,1			11 0,5030	+ 0,0030
4515	20 26,5	7,7	8,67	9,14	20 26,4999	— 0,0001
5080	29 53,5	7,2			29 53,5005	+ 0,0005
5644	39 19,5	6,8	8,72	9,20	39 19,4973	— 0,0027

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,168	8,52	8,74	9,35	8,48	8,92
Ende ...	9,158	8,72	9,02	9,55	8,77	9,20
Mittel ..	9,163	8,62	8,88	9,45	8,625	9,06

Gemessene Länge ..... F — 0,8265
Temperatur von F = 8°,79 ..... + 0,0476
Elasticität des Fadens ..... + 0,0014
Länge des Pendels ..... = F — 0,7775

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00353604 Uhrz. ..... = 1″,0011097 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 441,^{L}7889 + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 0673 — 0,0002 ε — 0,0673 k
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0, 0393
——— auf F ..... + 0, 7775
Resultat des Versuchs ..... F = 442, 4594 + 1,0020 ε — 0,0673 k

Versuch III. *e.* 1826 Apr. 25. $23^h\ 48'$ Stz. Barometer 333,22 *L.* + 10°3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	22 36 31	535	22 51 54	990	23 4 59	1496	23 19 32	2002	23 34 5
40	37 40	546	52 13	1030	6 8	1525	20 22	2031	34 55
120	39 58	586	53 22	1041	6 27	1536	20 41	2071	36 4
131	40 17	615	54 12	1081	7 36	1576	21 50	2082	36 23
171	41 26	666	55 40	1092	7 55	1638	23 37	2122	37 32
182	41 45	677	55 59	1132	9 4	1667	24 27	2184	39 19
				1161	9 54	1707	25 36	2213	40 9
				1212	11 22	1758	27 4		
$107\frac{1}{5}$	22 39 36 $\frac{1}{6}$	$604\frac{1}{6}$	22 53 53 $\frac{1}{7}$	$1092\frac{1}{4}$	23 7 55 $\frac{5}{8}$	$1612\frac{7}{8}$	23 22 53 $\frac{5}{8}$	$2100\frac{5}{7}$	23 36 55 $\frac{2}{7}$

2566	23 50 18	2992	0 2 33	3505	0 17 18	3982	0 31 1
2577	50 37	3021	3 23	3538	18 15	4022	32 10
2617	51 46	3061	4 32	3567	19 5	4051	33 0
2628	52 5	3072	4 51	3578	19 24	4084	33 57
2668	53 14	3112	6 0	3607	20 14	4113	34 47
2697	54 4	3123	6 19	3618	20 33	4131	35 18
		3163	7 28	3658	21 42	4153	35 56
		3174	7 47	3669	22 1	4164	36 15
		3203	8 37	3687	22 32	4204	37 24
				3720	23 29		
$2625\frac{1}{2}$	23 52 0 $\frac{2}{5}$	$3102\frac{1}{3}$	0 5 43 $\frac{1}{3}$	3614.7	0 20 27,3	$4100\frac{5}{9}$	0 34 25 $\frac{1}{3}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72525274	Fehler
	h ′ ″	n	t′	t‴	h ′ ″	″
100	22 39 23,5148	39,2	8,91	9,72	22 39 23,5105	—0,0043
600	53 46,1447	34,5			53 46,1476	+0,0029
1100	23 8 8,7801	30,5	8,95	9,75	23 8 8,7823	+0,0022
1600	22 31,4123	27,1			22 31,4151	+0,0028
2100	36 54,0534	24,2	8,98	9,84	36 54,0468	—0,0066
2600	51 16,6726	21,8			51 16,6776	+0,0050
3100	0 5 39,3077	19,4	9,02	9,91	0 5 39,3076	—0,0001
3600	20 1,9387	17,5			20 1,9371	—0,0016
4100	34 24,5665	15,7	9,03	9,98	34 24,5662	—0,0003

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t′	t″	t‴	t′	t‴
	R	°	°	°	°	°
Anfang	9,070	8,90	9,22	9,70	8,90	9,71
Ende...	9,058	9,09	9,26	9,89	9,04	9,99
Mittel..	9,064	8,995	9,24	9,795	8,97	9,85

Gemessene Länge ..... *F* —0,8176
Temperatur von *F* = 9°,15 . +0,0495
Toise, Temperatur = 9,57 . 863,9334
Elasticität des Fadens..... +0,0042
Länge des Pendels... = *F* +863,1695

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72525274 Uhrz. ..... = 1″,7210540 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. ..... 1305,6910 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,1977 — 0,0005 ε — 0,1976 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel..... + 0,2395
——— auf *F* ..... — 836,1695
Resultat des Versuchs ..... *F* = 442,5633 + 2,9615 ε — 0,1976 *k*

Versuch III. *f.* 1826 Apr. 26. $5^h\,40'$ Stz. Barometer 332,20 *L.* + 12°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	4 27 16	546	4 42 58	1041	4 57 12	1536	5 11 26	2042	5 25 59
80	29 34	557	43 17	1052	57 31	1587	12 54	2053	26 18
91	29 53	626	45 16	1092	58 40	1598	13 13	2082	27 8
131	31 2	637	45 35	1103	58 59	1638	14 22	2093	27 27
142	31 21	677	46 44	1143	5 0 8	1649	14 41	2133	28 36
262	34 48	688	47 3	1172	0 58	1689	15 50	2184	30 4
		728	48 12	1223	2 26	1718	16 40	2195	30 23
		739	48 31			1769	18 8	2235	31 32
117 $\frac{8}{9}$	4 30 39	649 $\frac{5}{9}$	5 45 57	1118	4 59 24 $\frac{6}{7}$	1648	5 14 39 $\frac{1}{6}$	2127 $\frac{1}{8}$	5 28 25 $\frac{7}{8}$

2548	5 40 32	3054	5 55 5	3538	6 9 0	4044	6 23 33
2559	40 51	3072	55 36	3549	9 19	4084	24 42
2588	41 41	3105	56 33	3589	10 28	4095	25 1
2628	42 50	3123	57 4	3618	11 18	4124	25 51
2639	43 9	3134	57 23	3640	11 56	4135	26 10
2679	44 18	3174	58 32	3651	12 15	4146	26 29
2690	44 37	3185	58 51	3680	13 5	4164	27 0
2741	46 5	3214	59 41	3720	14 14	4175	27 19
				3731	14 33	4186	27 38
						4197	27 57
2634	5 43 0 $\frac{1}{9}$	3132 $\frac{5}{8}$	5 57 20 $\frac{5}{8}$	3635 $\frac{1}{9}$	6 11 47 $\frac{5}{9}$	4135	6 26 10

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72526146	Fehler
		u	t'	t'''		
130	4 31 0,2782	38,5	9,46	10,62	4 31 0,2806	+0,0024
630	45 22,9261	34,0			45 22,9217	−0,0044
1130	59 45,5602	30,2	9,49	10,69	59 45,5604	+0,0002
1630	5 14 8,1953	27,0			5 14 8,1979	+0,0026
2130	28 30,8351	24,0	9,52	10,76	28 30,8341	−0,0010
2630	42 53,4740	21,5			42 53,4692	−0,0048
3130	57 16,0962	19,3	9,56	10,83	57 16,1036	+0,0074
3630	6 11 38,7376	17,3			6 11 28,7376	0,0000
4130	26 1,3737	15,5	9,60	10,85	26 51,3711	−0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
Anfang	9,033	9,44	9,71	10,39	9,44	10,57
Ende...	9,025	9,68	9,95	10,59	9,60	10,85
Mittel .	9,029	9,56	9,83	10,49	9,52	10,71

Gemessene Länge	F −0,8144
Temperatur von F = 9°,76	+0,0527
Toise, Temperatur = 10°,22	863,9398
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels ...	= F +863,1823

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72526146 Uhrz. ..... = 1″,7210717 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $\overset{L}{1305},7179 + 2,9620\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... − 0, 1967 − 0,0005 ε − 0,1966 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0, 2395
——— auf F ..... − 863, 1823
Resultat des Versuchs ..... F = 442, 5784 + 2,9615 ε − 0,1966 *k*

4te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,96 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

			R	*P*
			h ′ ″	h ′ ″
1	Mai	2	22 7 0	21 53 19
2			23 6 30	22 52 48
3			0 5 30	23 51 47
4			1 4 30	0 50 46
5			2 3 0	1 49 15
6		3	3 2 0	2 48 14
7			4 1 0	3 47 13
8			5 0 0	4 46 12
9			6 56 0	6 42 10
10			7 54 0	7 40 9
11			8 52 0	8 38 8
12			0 27 0	0 11 52
13		4	3 22 0	3 6 49
14			4 21 0	4 5 48
15			6 16 0	6 0 46
16			8 10 0	7 54 44
17			9 6 30	8 51 13
18		5	22 17 0	22 2 4
19			23 14 30	22 59 33
20			0 11 30	23 56 32
21		6	3 1 30	2 46 29
22			3 58 0	3 32 58
23			21 56 30	21 41 9
24			22 53 0	22 37 38
25			0 47 0	0 31 36
26			1 43 30	1 28 5
27		7	3 36 30	3 21 3
28			6 28 0	6 12 30
29			7 25 0	7 9 29
30			8 22 0	8 6 28
31			9 19 0	9 3 27

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

			h ′	′ ″
1 bis 5	Mai	2	0 6	59 0,0
6 - 11		3	5 58	58 17,1
12 - 15		4	3 16	58 12,8
13 - 17		4	6 16	57 21,9
18 - 22		5	1 14	56 47,4
23 - 26		6	23 50	56 48,0
27 - 31		7	6 23	56 54,9

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

		St. Z.	Verbesserung			Tägliche Veränderung
		h ′	″			″
Mai	1	7 17	+ 38,793	Mai	1	20 44 + 0,619
	2	10 10	+ 39,486		2	20 52 + 0,407
	3	7 34	+ 39,849		3	18 15 + 0,536
	4	4 56	+ 40,337		4	18 14 + 0,450
	5	7 31	+ 40,835		5	19 33 + 0,691
	6	7 35	+ 41,528		6	19 36 + 0,502
	7	7 37	+ 42,031		7	20 6 + 0,566
	8	8 35	+ 42,620			

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch			St. Z.	*t*	*s*	1 Schlag von *P*
			h ′	′ ″	″	″
IV. *a*.	Mai	2	0 17	58 58,7	+ 0,433	0,9975565
IV. *b*.		3	6 20	58 14,4	+ 0,464	0,9975604
IV. *c*.		4	5 43	57 31,3	+ 0,495	0,9975643
IV. *d*.		5	1 18	56 47,4	+ 0,646	0,9975698
IV. *e*.		6	0 4	56 48,2	+ 0,514	0,9975682
IV. *f*.		7	6 18	56 54,8	+ 0,530	0,9975678

Bei dieser Bestimmung hatte ich den Fühlhebel festgestellt, so dafs die Berührung der Ebene desselben mit der Kugel, mit einer Lupe beobachtet wurde; auf diese Art sind die wirklichen Längen der Pendel gemessen, nicht, wie bei den übrigen Bestimmungen, die durch den Druck des Fühlhebels verkürzten.

Versuch IV. *a.* 1826 Mai 2. $0^h\ 17'$ Stz. Barometer 335,67 *L.* + 11°,8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	23h 2′ 26″	466	23h 15′ 50″	972	23h 30′ 23″	1478	23h 44′ 56″	1995	23h 59′ 48″
11	2 45	477	16 9	1023	31 51	1489	45 15	2006	0 0 7
51	3 54	517	17 18	1034	32 10	1529	46 24	2137	3 53
62	4 13	528	17 37	1125	34 47	1540	46 43	2177	5 2
113	5 41	579	19 5	1165	35 56	1580	47 52	2188	5 21
153	6 50	648	21 4	1176	36 15	1591	48 11	2239	6 49
						1711	51 38		
						1722	51 57		
65	23 4 18 $\frac{1}{6}$	535 $\frac{5}{6}$	23 17 50,5	1082,5	23 33 33 $\frac{2}{3}$	1580	23 47 52	2123 $\frac{2}{3}$	0 3 30

2461	0h 13′ 12″	3007	0h 28′ 54″	3473	0h 42′ 18″	3968	0h 56′ 32″
2472	13 31	3018	29 13	3484	42 37	3979	56 51
2541	15 30	3058	30 22	3513	43 27	4019	58 0
2552	15 49	3069	30 41	3524	43 46	4030	58 19
2592	16 58	3098	31 31	3553	44 36	4070	59 28
2603	17 17	3109	31 50	3564	44 55	4081	59 47
2643	18 26	3120	32 9	3604	46 4	4099	1 0 18
2654	18 45	3189	34 8	3615	46 23	4110	0 37
				3655	47 32	4121	0 56
				3666	47 51	4132	1 15
2564 $\frac{3}{4}$	0 16 11	3083 $\frac{1}{2}$	0 31 6	3565,1	0 44 56,9	4060,9	0 59 12,3

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur u	l'	l'''	Rechnung 1″,72529046	Fehler
80	23h 4′ 44″,0462	39,1	10°,50	11°,13	22h 4′ 44″,0454	−0″,0008
580	19 6,7008	34,2			19 6,7013	+0,0005
1080	33 29,3534	30,2	10,53	11,19	33 29,3548	+0,0014
1580	47 52,0000	27,0			47 52,0067	+0,0067
2080	0 2 14,6618	24,0	10,56	11,24	0 2 14,6573	−0,0045
2580	16 37,3109	21,5			16 37,3069	−0,0040
3080	30 59,9614	19,2	10,59	11,28	30 59,9558	−0,0056
3580	45 22,6070	17,3			45 22,6041	−0,0029
4080	59 45,2433	15,5	10,56	11,33	59 45,2518	+0,0085

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°
A.	8,909	10,52	10,63	11,13	10,49	11,12
E.	8,915	10,62	10,78	11,33	10,55	11,34
M.	8,912	10,57	10,705	11,23	10,52	11,23

Gemessene Länge . . . . . F — 0,8039
Temperatur von F = 10°,66 + 0,0577
Toise, Temperatur = 11°,01 863,9476
Länge des Pendels . . . = F + 863,2014

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72529046 Uhrz. . . . . = 1″,7210747 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . 1305,^{L}7225 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum . . . . . — 0, 1980 — 0,0005 ε — 0,1980 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0, 2395
——— auf *F* . . . . . — 863, 2014

Resultat des Versuchs . . . . . F = 442, 5626 + 2,9615 ε — 0,1980 *k*

Versuch IV. *b.* 1826 Mai 3. $6^h\,20'$ Stz. Barometer 335,72 *L.* + 13°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	5 5′24″	517	5 20′16″	1012	5 34′30″	1489	5 48′13″	1995	6 2′46″
11	5 43	568	21 44	1023	34 49	1529	49 22	2006	3 5
51	6 52	579	22 3	1063	35 58	1540	49 41	2086	5 23
62	7 11	597	22 34	1074	36 17	1580	50 50	2126	6 32
102	8 20	608	22 53	1114	37 26	1620	51 59	2137	6 51
233	12 6	648	24 2	1125	37 45	1660	53 8	2177	8 0
244	12 25	659	24 21	1154	38 35	1671	53 27	2188	8 19
		699	25 30	1165	38 54	1711	54 36		
				1176	39 13				
				1245	41 12				
$100\frac{3}{7}$	5 8 17$\frac{8}{7}$	$609\frac{3}{8}$	5 22 55$\frac{3}{8}$	1115,1	5 37 27,9	1600	5 51 24,5	$2182\frac{1}{7}$	6 5 50$\frac{6}{7}$

2541	6 18′28″	3007	6 31′52″	3502	6 46′ 6″	4019	7 0′58″
2552	18 47	3036	32 42	3513	46 25	4048	1 48
2592	19 56	3047	33 1	3553	47 34	4059	2 7
2603	20 15	3058	33 20	3564	47 53	4070	2 26
2632	21 5	3069	33 39	3604	49 2	4081	2 45
2672	22 14	3098	34 29	3615	49 21	4099	3 16
2683	22 33	3138	35 38	3644	50 11	4110	3 35
2723	23 42	3149	35 57	3655	50 30	4150	4 44
		3189	37 6	3684	51 20	4161	5 3
		3200	37 25	3695	51 39	4201	6 12
$2624\frac{3}{4}$	6 20 52,5	3099,1	6 34 30,9	3602,9	6 49 0,1	4099,8	7 3 17,4

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung	Fehler
100	5 8′16,5463	37,7	11,06	11,79	5 8′16,5448	−0,0015
600	22 39,2005	33,3			22 39,1995	−0,0010
1100	37 1,8480	29,3	11,12	11,88	37 1,8521	+0,0041
1600	51 24,5000	26,2			51 24,5031	+0,0031
2100	6 5 47,1600	23,4	11,14	11,93	6 5 47,1530	−0,0070
2600	20 9,7988	20,9			20 9,8020	+0,0032
3100	34 32,4528	18,7	11,16	11,98	34 34,4502	−0,0026
3600	48 55,0966	16,7			48 55,0979	+0,0013
4100	7 3 17,7451	15,2	11,18	12,06	7 3 17,7453	+0,0002

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	ε'	ε''	ε'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	8,946	11,21	11,31	11,71	11,00	11,70
E.	8,921	11,21	11,46	12,00	11,19	12,08
M.	8,9335	11,21	11,385	11,855	11,095	11,89

Gemessene Länge . . . . . *F*—0,8058
Temperatur von *F*=11,°32. +0,0613
Toise, Temperatur=11,66 . 863,9540
Länge des Pendels . . . =*F*+863,2095

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72528940 Uhrz. . . . . = 1″,7210804 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . $1305,^{L}7311 + 2,9620\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum . . . . . − 0, 1976 − 0,0005 ε − 0,1975 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0, 2395
——— auf *F* . . . . . − 863, 2095
Resultat des Versuchs . . . . . $F = 442,5635 + 2,9615\,\varepsilon - 0,1975\,k$

Versuch IV. *c.* 1826 Mai 4. 5^h 43′ Stz. Barometer 337,02 *L.* + 12°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t''	Rechnung 1″,00357038	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	4 40 19,5	12,3	11,08	11,23	4 40 19,4995	— 0,0005
559	49 40,5	11,7			49 40,5015	+ 0,0015
1117	59 0,5	11,0	11,08	11,23	59 0,4992	— 0,0008
1676	5 8 21,5	10,4			5 8 21,4999	— 0,0001
2235	17 42,5	9,8	11,08	11,26	17 42,5001	+ 0,0001
2794	27 3,5	9,2			27 3,4999	— 0,0001
3353	36 24,5	8,75	11,08	11,31	36 24,4993	— 0,0007
3913	45 46,5	8,3			45 46,5020	+ 0,0020
4471	55 6,5	7,9	11,11	11,31	55 6,4974	— 0,0026
5031	6 4 28,5	7,45			6 4 28,4996	— 0,0004
5591	13 50,5	7,0	11,11	11,34	15 50,5015	+ 0,0015

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	σ'	σ''	σ'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,101	11,16	11,26	11,62	10,91	11,20
Ende ...	9,098	11,21	11,36	11,81	11,11	11,37
Mittel ..	9,0995	11,185	11,31	11,715	11,01	11,285

Gemessene Länge ..... F — 0,8208
Temperatur von F = 11°,27 ..... + 0,0610
Länge des Pendels ..... = F — 0,7598

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00357038 Uhrz. ..... = 1″,0011260 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. ..... $441\frac{L}{8033}$ + 1,0023 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,0672 — 0,0002 ε — 0,0671 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0393
——— auf F ..... + 0,7598
Resultat des Versuchs ..... F = 442,4566 + 1,0021 ε — 0,0671 *k*

Versuch IV. *d.* 1826 Mai 5. $1^h\,18'$ Stz. Barometer 336,39 *L.* + 12°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur n	t'	t''	Rechnung 1",00356311	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	0 15 31,5	12,7	10,66	10,93	0 15 31,5004	+ 0,0004
560	24 53,5	11,95			24 53,5020	+ 0,0020
1119	34 14,5	11,3	10,66	11,10	34 14,4994	— 0,0006
1679	43 36,5	10,7			43 36,4999	— 0,0001
2239	52 58,5	10,15	10,66	11,12	52 58,5000	0,0000
2799	1 2 20,5	9,5			1 2 20,4995	— 0,0005
3359	11 42,5	8,9	10,69	11,15	11 42,4985	— 0,0015
3919	21 4,5	8,4			21 4,4973	— 0,0027
4480	30 27,5	8,9	10,72	11,18	30 27,4993	— 0,0007
5041	39 50,5	7,6			39 50,5011	+ 0,0011
5602	49 13,5	7,2	10,72	11,20	48 13,5026	+ 0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t'	t''	t'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,140	10,69	10,93	11,52	10,66	10,93
Ende ...	9,132	10,87	11,12	11,66	10,72	11,21
Mittel..	9,136	10,78	11,025	11,59	10,69	11,07

Gemessene Länge ..... F — 0,8241
Temperatur von $F = 10°,94$ ..... + 0,0592
Länge des Pendels ..... $= F$ — 0,7649

Beobachtete Schwingungszeit = 1",00356311 Uhrz. ..... = 1",0011243 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 441,8018 + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,0671 — 0,0002 ε — 0,0671 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0393
——— auf F ..... + 0,7649
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,4603 + 1,0020\,\varepsilon - 0,0671\,k$

Versuch IV. *e.* 1826 Mai 6. $0^h\,4'$ Stz. Barometer 337,08 *L.* + 12°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	22 47 29″	506	23 2 2″	1012	23 16 35″	1518	23 31 8″	1984	23 44 32″
40	48 38	517	2 21	1052	17 44	1569	32 36	2024	45 41
51	48 57	557	3 30	1063	18 3	1580	32 55	2064	46 50
102	50 25	648	6 7	1103	19 12	1609	33 45	2075	47 9
142	51 34	688	7 16	1114	19 31	1649	34 54	2115	48 18
193	53 2	699	7 35	1154	20 40	1660	35 13	2166	49 46
						1700	36 22	2177	50 5
						1711	36 41	2206	50 55
88	20 50 $0\frac{5}{6}$	602,5	23 4 48,5	1083	23 18 37,5	1624,5	23 34 $11\frac{3}{4}$	$2101\frac{3}{8}$	23 47 54,5

2530	0 0 14″	3025	0 14 28″	3520	0 28 42″	3986	0 42 6″
2541	0 33	3036	14 47	3531	29 1	3997	42 25
2570	1 23	3076	15 56	3542	29 20	4037	43 34
2581	1 42	3087	16 15	3673	33 6	4066	44 24
2610	2 32	3127	17 24	3684	33 25	4077	44 43
2621	2 51	3156	18 14	3702	33 56	4088	45 2
2661	4 0	3167	18 33	3713	34 15	4099	45 21
2672	4 19	3207	19 42			4128	46 11
		3218	20 1			4168	47 20
						4179	47 39
$2598\frac{5}{9}$	0 2 $11\frac{3}{4}$	$3122\frac{5}{9}$	0 17 $15\frac{5}{9}$	$3623\frac{5}{7}$	0 31 $40\frac{5}{7}$	4082,5	0 44 52,5

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung	Fehler
		u	*t'*	*t'''*		
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	22 50 21,5368	39,7	10,50	11,30	22 50 21,5372	+0,0004
600	23 4 44,1868	34,7			23 4 44,1868	0,0000
1100	19 6,8299	30,6	10,54	11,33	19 6,8339	+0,0040
1600	23 29,4804	27,1			33 29,4792	−0,0012
2100	47 52,1277	24,1	10,58	11,39	47 52,1232	−0,0045
2600	0 2 14,7692	21,6			0 2 14,7663	−0,0029
3100	16 37,4076	19,4	10,63	11,45	16 37,4087	+0,0011
3600	31 0,0468	17,3			31 0,0505	+0,0037
4100	45 22,6925	15,6	10,66	11,50	45 22,6920	−0,0005

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebl.	*e'*	*e''*	*e'''*	*t'*	*t''*
	R	°	°	°	°	°
A.	9,049	10,57	10,72	11,33	10,44	11,26
E.	8,989	10,69	10,92	11,47	10,66	11,56
M.	9,019	10,63	10,82	11,40	10,55	11,41

Gemessene Länge ..... *F*—0,8135
Temperatur von *F* = 10°,75 +0,0582
Toise, Temperatur = 11°,16 863,9491
Länge des Pendels ... = *F*+863,1938

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72527742 Uhrz. ..... = 1″,7210819 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 1305,7334 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,1988 — 0,0005 ε — 0,1988 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0,2395
——— auf *F* ..... — 863,1938
Resultat des Versuchs ..... *F* = 442,5803 + 2,9615 ε — 0,1988 *k*

Versuch IV. *f.* 1826 Mai 7. $6^h\,18'$ Stz. Barometer 336,96 *L.* + 13°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	5 1 29	546	5 17 11	1001	5 30 16	1518	5 45 8	2024	5 59 41
40	2 38	586	18 20	1012	30 35	1558	46 17	2064	6 0 50
51	2 57	597	18 39	1052	31 44	1569	46 36	2075	1 9
120	4 56	637	19 48	1063	32 3	1598	47 26	2115	2 18
182	6 43	648	20 7	1114	33 31	1609	47 45	2126	2 37
222	7 52	688	21 16	1183	35 30	1649	48 54	2195	4 36
		739	22 44	1194	35 49	1660	49 13	2206	4 55
				1234	36 58	1700	50 22	2246	6 4
$102\frac{1}{8}$	5 4 25 $\frac{5}{6}$	$634\frac{3}{7}$	5 19 43 $\frac{4}{7}$	$1106\frac{5}{8}$	5 33 18 $\frac{4}{9}$	$1607\frac{5}{8}$	5 47 42 $\frac{5}{6}$	$2131\frac{3}{8}$	6 2 46 $\frac{1}{4}$

2530	6 14 14	3025	6 28 28	3520	6 42 42	3997	6 56 25	
2541	14 33	3036	28 47	3542	43 20	4037	57 34	
2559	15 4	3076	29 56	3553	43 39	4088	59 2	
2570	15 23	3087	30 15	3571	44 10	4099	59 21	
2610	16 32	3127	31 24	3582	44 29	4139	7 0 30	
2621	16 51	3156	32 14	3622	45 38	4168	1 20	
2661	18 0	3167	32 33	3633	45 57	4179	1 39	
2672	18 19	3207	33 42	3673	47 6	4219	2 48	
2712	19 28	3218	34 1	3684	47 25			
2723	19 47			3702	47 56			
2619,9	6 16 49,1	$3122\frac{1}{9}$	6 31 15 $\frac{5}{9}$	3608,2	6 45 14,2	$4115\frac{3}{4}$	6 59 49 $\frac{7}{8}$	

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur α	t'	t'''	Rechnung $1'',72528446$	Fehler
110	5 4 38,7730	39,0	11,12	12,14	5 4 38,7721	−0,0009
610	19 1,4249	34,1			19 1,4246	−0,0003
1110	33 24,0729	30,1	11,20	12,22	33 24,0748	+0,0019
1610	47 46,7226	26,5			47 46,7233	+0,0007
2110	6 2 9,3718	24,0	11,25	12,28	6 2 9,3707	−0,0011
2610	16 32,0196	21,4			16 32,0171	−0,0025
3110	30 54,6604	19,2	11,24	12,32	30 54,6627	+0,0023
3610	45 17,3055	17,2			45 17,3078	+0,0023
4110	59 39,9546	15,5	11,27	12,39	59 39,9524	−0,0022

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t'	t''	t'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	8,985	11,16	11,46	12,00	11,11	12,13
E.	8,971	11,46	11,70	12,24	11,33	12,29
M.	8,978	11,31	11,58	12,12	11,22	12,21

Gemessene Länge ..... F — 0,8098
Temperatur von F = 11°,48 + 0,0621
Toise, Temperatur = 11°,90 863,9564
Länge des Pendels ... = F + 863,2087

Beobachtete Schwingungszeit = $1'',72528446$ Uhrz ..... = $1'',7210884$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305^L,7433 + 2,9621\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-0,1982 - 0,0005\,\varepsilon - 0,1982\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... $+0,2395$
——— auf F ..... $-863,2087$
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,5759 + 2,9616\,\varepsilon - 0,1982\,k$

5te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,97 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

		R	*P*
		h ′ ″	h ′ ″
1	Mai 30	4 10 0	3 44 55
2		5 8 30	4 43 24
3		6 6 30	5 41 23
4		9 1 0	8 35 50
5		9 58 30	9 33 19
6		10 57 0	10 41 48
7		0 42 30	0 17 4
8		1 40 0	1 14 33
9		3 39 30	3 14 1
10	31	4 38 0	4 12 30
11		5 34 30	5 8 59
12		7 33 30	7 7 57
13		9 32 30	9 6 55
14		10 31 30	10 5 54
15		11 30 0	11 4 23
16	Juni 1	4 57 30	4 31 35
17		5 55 30	5 29 34
18		7 50 30	7 24 32
19		8 47 30	8 21 31
20		9 44 30	9 18 30
21		10 42 0	10 25 59
22	2	5 43 30	5 17 13
23		6 40 0	6 13 42
24		9 30 30	9 4 10
25		10 26 30	10 0 9
26		1 41 30	1 14 48
27		2 37 30	2 10 47
28		3 34 30	3 7 46
29		4 31 0	4 4 15
30	3	5 27 30	5 0 44

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h ′	′ ″
1 bis 6	Mai 30	7 35	58 6,1
2 - 6	30	7 59	58 4,0
7 - 10	30	2 41	59 3,0
10 - 15	31	8 2	59 3,8
16 - 21	Juni 1	7 48	57 22,0
22 - 25	2	8 6	56 39,7
26 - 30	2	3 34	56 33,0

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung			Tägliche Veränderung
	h ′	″		h ′	″
Mai 29	8 22	+51,266	Mai 29	17 31	+0,665
29	2 40	+51,773	30	18 0	+0,671
31	9 20	+52,632	31	19 4	+0,386
Juni 1	4 48	+52,945	Juni 1	17 54	+0,521
2	7 0	+53,514	2	20 24	+0,594
3	9 48	+54,177	3	20 38	+0,550
4	7 27	+54,673			

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
V. *a.*	Mai 30	7 47	58 5,0	+0,668	0,9975635
V. *b.*	30	2 51	59 3,0	+0,571	0,9975577
V. *c.*	31	8 33	59 3,9	+0,507	0,9975569
V. *d.*	Juni 1	7 52	57 22,0	+0,462	0,9975647
V. *e.*	2	8 11	56 39,7	+0,560	0,9975695
V. *f.*	2	3 31	56 33,0	+0,581	0,9975703

Versuch V. *a*. 1826 Mai 30. $7^h\,47'$ Stz. Barometer 336,52 *L*. + 21°,3 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

0	6 20 45	528	6 35 36	1016	6 49 38	1504	7 3 40	2021	7 18 32
40	21 34	568	36 45	1056	50 47	1544	4 49	2061	19 41
91	23 2	579	37 4	1107	52 15	1584	5 58	2072	20 0
142	24 30	619	38 13	1158	53 43	1635	7 26	2112	21 9
182	25 39	670	39 41	1209	55 11	1686	8 54	2123	21 28
193	25 58	721	41 9	1249	56 20	1726	10 3	2163	22 37
108	6 23 31 $\frac{1}{3}$	614 $\frac{1}{6}$	6 38 4 $\frac{2}{3}$	1132 $\frac{1}{2}$	6 52 59	1613 $\frac{1}{6}$	7 6 48 $\frac{1}{3}$	2092	7 20 34,5

2549	7 33 43	2986	7 46 17	3503	8 1 9	4031	8 16 20	
2560	34 2	3026	47 26	3514	1 28	4042	16 39	
2589	34 52	3077	48 54	3554	2 37	4053	16 58	
2600	35 11	3117	50 3	3565	2 56	4082	17 48	
2611	35 30	3168	51 31	3605	4 5	4093	18 7	
2640	36 20	3179	51 50	3656	5 33	4122	18 57	
2651	36 39	3219	52 59	3667	5 52	4133	19 16	
2691	37 48	3270	54 27	3707	7 1	4144	19 35	
						4184	20 44	
						4224	21 53	
2611 $\frac{3}{5}$	7 35 30 $\frac{3}{5}$	3130 $\frac{1}{4}$	7 50 25 $\frac{7}{8}$	3596 $\frac{3}{5}$	8 3 50 $\frac{1}{6}$	4110,8	8 18 37.7	

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite	Temperatur		Rechnung $1'',72537118$	Fehler
	h ′ ″	n	t′	t″	h ′ ″	″
110	6 23 34,7841	41,6	18,90	20,26	6 23 34,7823	−0,0018
610	37 57,4776	36,6			37 57,4802	+0,0026
1110	52 20,1788	32,3	18,93	20,37	52 20,1756	−0,0032
1610	7 6 42,8696	28,6			7 6 42,8690	−0,0006
2110	21 5,5569	25,5	18,94	20,43	21 5,5608	+0,0039
2610	35 28,2526	22,7			35 28,2516	−0,0010
3110	49 50,9360	20,3	18,96	20,45	49 50,9411	+0,0051
3610	8 4 13,6334	18,1			8 4 13,6300	−0,0034
4110	18 36,3197	16,3	18,96	20,45	18 36,3184	−0,0013

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebl.	*o*′	*o*″	*o*‴	*t*′	*t*″
	R	°	°	°	°	°
A.	8,890	18,92	19,40	20,02	18,88	20,21
E.	8,888	18,97	19,50	20,22	18,96	20,45
M.	8,889	18,945	19,45	20,12	18,92	20,33

Gemessene Länge	F — 0,8018
Temperatur von F = 19°,27	+ 0,1043
Toise, Temperatur = 19,85	864,0347
Elasticität des Fadens ...	+ 0,0042
Länge des Pendels ..	= F + 863,3414

Beobachtete Schwingungszeit = $1'',72537118$ Uhrz..... = $1'',7211673$ MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305,^L8630 + 2,9624\varepsilon$

Reduction auf den leeren Raum..... $- 0,1925 - 0,0005\varepsilon - 0,1925k$

——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0,2396

——— auf F..... − 863,3414

Resultat des Versuchs ..... $F = 442,5687 + 2,9619\varepsilon - 0,1925k$

Versuch V. *b.* 1826 Mai 30. $2^h\ 51'$ Stz. Barometer 336,38 *L.* + 19°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	1 23 56	488	1 37 58	1005	1 52 50	1493	2 6 52	2010	2 21 44
51	25 24	528	39 7	1016	53 9	1533	8 1	2021	22 3
91	26 33	579	40 35	1056	54 18	1544	8 20	2061	23 12
102	26 52	630	42 3	1067	54 37	1584	9 29	2072	23 31
142	28 1	670	43 12	1107	55 46	1595	9 48	2123	24 59
193	29 29	681	43 31	1185	57 14	1635	10 57	2163	26 8
				1198	58 23	1675	12 6	2203	27 17
				1209	58 42			2214	27 36
$96\frac{1}{2}$	1 26 42,5	596	1 41 $4\frac{1}{3}$	1102	1 55 $37\frac{3}{8}$	$1579\frac{6}{7}$	2 9 $21\frac{6}{7}$	$2108\frac{1}{8}$	2 24 $33\frac{3}{4}$

2498	2 35 46	2986	2 49 48	3503	3 4 40	3980	3 18 23
2538	36 55	3026	50 57	3514	4 59	3991	18 42
2549	37 14	3037	51 16	3554	6 8	4031	19 51
2589	38 23	3077	52 25	3594	7 17	4042	20 10
2600	38 42	3117	53 34	3605	7 36	4071	21 0
2640	39 51	3128	53 53	3616	7 55	4082	21 19
2651	40 10	3168	55 2	3656	9 4	4093	21 38
2691	41 19	3208	56 11	3696	10 13	4133	22 47
						4162	23 37
						4173	23 56
$2594\frac{1}{2}$	2 38 32,5	$3093\frac{3}{8}$	2 52 $53\frac{1}{3}$	$3592\frac{1}{4}$	3 7 14	4075,8	3 21 8,3

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite	Temperatur t'	Temperatur t'''	Rechnung $1'',72536758$	Fehler
	h ′ ″	″	°	°	h ′ ″	″
100	1 26 48,5388	39,4	18,43	19,84	1 26 48,5365	−0,0023
600	41 11,2348	34,5			41 11,2315	−0,0033
1100	55 33,9242	30,4	18,43	19,93	55 33,9241	−0,0001
1600	2 9 56,6113	27,1			2 9 56,6149	+0,0036
2100	24 19,2999	24,1	18,43	19,95	24 19,3044	+0,0045
2600	38 41,9896	21,6			38 41,9928	+0,0032
3100	53 4,6807	19,4	18,43	19,95	53 4,6804	−0,0003
3600	3 7 27,3717	17,3			3 7 27,3672	−0,0045
4100	21 50,0543	15,6	18,43	19,84	21 50,0533	−0,0010

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t'	t''	t'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	8,953	18,54	19,01	19,67	18,43	19,83
E.	8,981	18,54	19,11	19,82	18,43	19,81
M.	8,967	18,54	19,06	19,745	18,43	19,82

Gemessene Länge	F — 0,8088
Temperatur von F = 18°,88	+ 0,1022
Toise, Temperatur = 19, 46	864,0308
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0042
Länge des Pendels...	$= F$ + 863,3284

Beobachtete Schwingungszeit = $1'',72536758$ Uhrs. ..... = $1'',7211537$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. ..... $1305,^{L}8423 + 2,9623\ \varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-0,1928 - 0,0005\ \varepsilon - 0,1928\ k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel..... + 0, 2396
——— auf F ..... — 863, 3284
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,5607 + 2,9618\ \varepsilon - 0,1928\ k$

Versuch V. *c.* 1826 Mai 31. 8^h 33′ Stz. Barometer 336,61 *L.* + 20°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur u	t'	t''	Rechnung 1″,00361518	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	7 20 7,5	12,8	18,32	18,75	7 20 7,5012	+ 0,0012
552	29 21,5	12,0			29 21,5032	+ 0,0032
1103	38 34,5	11,3	18,37	18,75	34 34,5011	+ 0,0011
1654	47 47,5	10,7			47 47,4983	— 0,0017
2206	57 1,5	10,2	18,32	18,75	57 1,4986	— 0,0014
2757	8 6 14,5	9,7			8 6 14,4947	— 0,0053
3310	15 29,5	9,1	18,32	18,75	15 29,4976	— 0,0024
3863	24 44,5	8,6			24 44,5001	+ 0,0001
4416	33 59,5	8,1	18,32	18,75	33 59,5022	+ 0,0022
4968	43 13,5	7,7			43 13,5005	+ 0,0005
5521	52 28,5	7,2	18,29	18,75	52 28,5020	+ 0,0020

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t	t'	t''	t'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°	°
Anfang.	9,123	18.49	18.82	19.18	18.32	18.75
Ende ...	9,107	18,39	18,77	19,03	18,29	18,73
Mittel ..	9,115	18,44	18,795	19,105	18,305	18,74

Gemessene Länge	F — 0,8219
Temperatur von F = 18°,67	+ 0,1011
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= F — 0,7194

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00361518 Uhrz.	= 1″,0011633 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	441^L,8362 + 1,0023 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,0653 — 0,0001 ε — 0,0653 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel	— 0,0393
——— auf F	+ 0,7194
Resultat des Versuchs	F = 442,4510 + 1,0022 ε — 0,0653 *k*

Versuch V. *d.* 1826 Juni 1. 7^h *52′* Stz. Barometer 337,67 *L.* + 18°,3 *C.*

	Beobachtete Coincidenzen	Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t''	Rechnung 1″,00361879	Fehler
	° ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
0	6 39 19,5	12,9	16,66	17,20	6 39 19,4966	— 0,0034
552	48 33,5	12,1			48 33,5006	+ 0,0006
1103	57 46,5	11,4	16,66	17,22	57 46,5004	+ 0,0004
1654	7 6 59,5	10,8			7 6 59,4995	— 0,0005
2206	16 13,5	10,3	16,69	17,25	16 13,5017	+ 0,0017
2757	25 26,5	9,8			25 26,5000	0,0000
3310	34 41,5	9,2	16,71	17,30	34 41,5052	+ 0,0052
3861	43 54,5	8,8			43 54,5027	+ 0,0027
4411	53 6,5	8,2	16,69	17,30	53 6,4963	— 0,0037
4963	8 2 20,5	7,8			8 2 20,4966	— 0,0034
5516	11 35,5	7,4	16,71	17,30	11 35,5004	+ 0,0004

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,009	16,84	17,21	17,69	16,60	17,14
Ende ...	8,983	16,84	17,26	17,84	16,71	17,33
Mittel ..	8,996	16,84	17,235	17,765	16,655	17,235

Gemessene Länge	F — 0,8114
Temperatur von F = 17°,10	+ 0,0926
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= F — 0,7174

Beobachtete Schwingungszeit = 1″, 00361879 Uhrz. ..... = 1″, 0011747 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 441,8462 + 1,0023 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 0659 — 0,0001 ε — 0,0659 k
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0, 0393
——— auf F ..... + 0, 7174
Resultat des Versuchs ..... F = 442, 4584 + 1,0022 ε — 0,0659 k

Versuch V. *e.* 1826 Juni 2. $8^h\,11'$ Stz. Barometer 338,19 *L.* + 18°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	6 43 34	517	6 58 26	983	7 11 50	1511	7 27 1	1988	7 40 44
40	44 43	557	59 35	994	12 9	1562	28 29	2039	42 12
80	45 52	568	59 54	1034	13 18	1602	29 38	2079	43 21
91	46 11	608	7 1 3	1045	13 37	1613	29 57	2090	43 40
137	47 20	659	2 31	1085	14 46	1653	31 6	2130	44 49
182	48 48	710	3 59	1136	16 14	1664	31 25	2181	46 17
				1176	17,23	1704	32 34		
				1187	17 42				
$87\frac{1}{3}$	6 46 4$\frac{2}{3}$	$603\frac{1}{6}$	7 0 54$\frac{2}{3}$	1080	7 14 37$\frac{3}{8}$	$1615\frac{3}{7}$	7 30 1$\frac{3}{7}$	$2084\frac{1}{2}$	7 43 30,5

2505	7 55 36	2982	8 9 19	3510	8 24 30	3987	8 38 13
2516	55 55	2993	9 38	3539	25 20	4016	39 3
2556	57 4	3033	10 47	3550	25 39	4027	39 22
2567	57 23	3073	11 56	3561	25 58	4038	39 41
2607	58 32	3084	12 15	3590	26 48	4067	40 31
2647	59 41	3124	13 24	3601	27 7	4078	40 50
2658	8 0 0	3135	13 43	3641	28 16	4107	41 40
2698	1 9	3175	14 52	3652	28 35	4118	41 59
		3186	15 11	3692	29 44	4129	42 18
		3220	16 20	3703	30 3	4169	43 27
$2594\frac{1}{4}$	7 58 10	3101,1	8 12 38,5	3603,9	8 27 12	4073,6	8 40 42,4

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite	Temperatur t'	Temperatur t'''	Rechnung 1″,72534664	Fehler
100	6 46 26,5212	39,4	16,64	17,74	6 46 26,5186	−0,0026
600	7 0 49,2031	34,4			7 0 49,2029	−0,0002
1100	15 11,8821	30,3	16,66	17,74	15 11,8847	+0,0026
1600	29 34,5623	26,9			29 34,5647	+0,0024
2100	43 57,2430	24,0	16,66	17,74	43 57,2433	+0,0003
2600	58 19,9208	21,5			58 19,9208	0,0000
3100	8 12 36,6021	19,2	16,66	17,74	8 12 36,5975	−0,0046
3600	27 5,2711	17,1			27 5,2735	+0,0024
4100	41 27,9494	15,4	16,66	17,74	41 27,9491	−0,0003

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t'	t''	t'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
A.	8,891	16,69	17,06	17,69	16,63	17,74
E.	8,896	16,79	17,16	17,79	16,69	17,74
M.	8,8935	16,74	17,11	17,74	16,66	17,74

Gemessene Länge ..... F — 0,8022
Temperatur von F = 16°,98 + 0,0919
Toise, Temperatur = 17,48 864,0113
Elasticität des Fadens .... + 0,0042
Länge des Pendels .. = F + 863,3052

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72534664 Uhrz. ..... = 1″,7211532 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 1305,8416 + 2,9623 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 1951 — 0,0005 ε — 0,1950 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0, 2396
——— auf F ..... — 863, 3052
Resultat des Versuchs ..... F = 442, 5809 + 2,9618 ε — 0,1950 *k*

Versuch V. *f.* 1826 Juni 2. $3^h\,31'$ Stz. Barometer 338,90 *L.* + 18°,1 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	2 3 35	477	2 17 18	994	2 32 10	1471	2 45 53	1948	2 59 36
40	4 44	517	18 27	1045	33 38	1522	47 21	1988	3 0 45
51	5 3	579	20 14	1085	34 47	1562	48 30	1999	1 4
91	6 12	619	21 23	1096	35 6	1613	49 58	2039	2 13
142	7 40	659	22 32	1136	36 15	1653	51 7	2050	2 32
		710	24 0	1187	37 43	1664	51 26	2090	3 41
								2272	8 55
$64\frac{3}{6}$	2 5 26,8	$593\frac{1}{2}$	2 21 39	$1090\frac{1}{2}$	2 34 56,5	$1580\frac{5}{6}$	2 49 2,5	$2055\frac{1}{7}$	3 2 40$\frac{6}{7}$

2465	3 14 28	2982	3 29 20	3459	3 43 3	3976	3 57 55	
2505	15 37	2993	29 39	3470	43 22	3987	58 14	
2516	15 56	3033	30 48	3510	44 31	4038	59 42	
2556	17 5	3073	31 57	3550	45 40	4067	4 0 32	
2567	17 24	3084	32 16	3561	45 59	4078	0 51	
2607	18 33	3124	33 25	3601	47 8	4118	2 0	
2658	20 1	3135	33 44	3612	47 27	4129	2 19	
2698	21 10	3175	34 53	3641	48 17	4140	2 38	
				3652	48 36			
				3692	49 45			
$2571\frac{1}{8}$	3 17 31$\frac{3}{4}$	$3074\frac{1}{8}$	3 32 0$\frac{1}{4}$	3574,8	3 46 22,8	$4066\frac{5}{8}$	4 0 31$\frac{3}{8}$	

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite	Temperatur		Rechnung 1″,72534558	Fehler
	h ′ ″	μ	*l′*	*l‴*	h ′ ″	″
80	2 5 53,0255	38,6	16,64	17,69	2 5 53,0225	—0,0030
580	21 15,7065	33,4			21 15,7055	—0,0021
1080	34 38,3837	29,9	16,64	17,71	34 38,3861	+0,0024
1580	49 1,0622	26,7			49 1,0650	+0,0028
2080	3 3 23,7446	23,6	16,67	17,74	3 3 23,7428	—0,0018
2580	17 46,4156	21,4			17 46,4196	+0,0040
3080	32 9,0925	19,2	16,73	17,80	32 9,0958	+0,0033
3580	46 31,7719	17,2			46 31,7715	—0,0004
4080	4 0 53,4517	15,4	16,76	17,83	4 0 53,4466	—0,0051

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*o′*	*o″*	*o‴*	*l′*	*l‴*
	″	°	°	°	°	°
A.	8,864	16,74	16,97	17,55	16,66	17,68
E.	8,858	16,84	17,16	17,79	16,77	17,84
M.	8,861	16,79	17,065	17,67	16,715	17,76

Gemessene Länge . . . . . *F*	—0,7993
Temperatur von *F* = 16°,97 .	+0,0919
Toise, Temperatur = 17,42 .	864,0107
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels . . .	= *F* + 863,3075

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72534558 Uhrz. . . . . = 1″,7211535 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . $1305\frac{L}{}$,8420 + 2,9623 ε
Reduction auf den leeren Raum . . . . . — 0, 1954 — 0,0005 ε — 0,1954 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0, 2396
——— auf *F* . . . . . — 863, 3075

Resultat des Versuchs . . . . . *F* = 442, 5787 + 2,9618 ε — 0,1954 *k*

6te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,92 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

			R	*P*
			h ′ ″	h ′ ″
1	Juni	16	23 41 0	23 40 22
2			0 40 30	0 39 51
3			1 37 0	1 36 20
4			3 31 0	3 30 18
5			4 28 0	4 27 17
6			5 24 30	5 23 46
7			6 20 30	6 19 45
8		17	7 16 30	7 15 44
9			10 8 0	10 7 11
10			11 4 0	11 3 10
11			12 2 0	12 1 9
12			5 19 0	5 17 51
13		18	9 10 0	9 8 47
14			10 8 0	10 6 46
15			12 2 30	12 1 14
16			13 57 0	13 55 42
17			1 33 30	1 32 0
18			2 31 0	2 29 29
19			3 28 0	3 26 28
20			4 25 0	4 23 27
21			5 23 0	5 21 26
22		19	6 22 0	6 20 25
23			7 19 0	7 17 24
24			8 20 0	8 18 23
25			9 20 0	9 18 22
26			11 18 0	11 16 20
27			12 18 30	12 16 49
28		22	6 22 0	6 19 6
29			7 20 0	7 17 5
30			8 18 30	8 15 34
31			9 17 0	9 14 3
32			10 15 0	10 12 2
33			11 14 30	11 11 31
34			12 15 30	12 12 30

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h ′	″
1 bis 6	Juni 16	2 34	57 7,5
6 - 11	17	8 42	57 1,1
12 - 16	18	9 34	57 33,9
17 - 22	18	3 57	57 35,3
23 - 27	19	9 53	59 43,6
24 - 27	19	10 19	59 30,0
28 - 34	22	9 17	58 47,1

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung			Tägliche Veränderung
	h ′	″		h ′	″
Juni 15	11 46	+ 2,545	Juni 16	12 40	+ 0,517
17	13 34	+ 3,617	17	2 12	+ 0,393
18	14 49	+ 4,030	19	23 11	+ 0,401
21	7 32	+ 5,110	21	20 58	+ 0,537
22	10 23	+ 5,710	22	21 39	+ 0,649
23	8 42	+ 6,314			

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
VI. *a*.	Juni 16	2 41	57 7,4	+ 0,471	0,9975661
VI. *b*.	17	8 57	57 0,8	+ 0,456	0,9975664
VI. *c*.	18	9 34	57 33,9	+ 0,394	0,9975629
VI. *d*.	18	3 59	57 36,0	+ 0,398	0,9975628
VI. *e*.	19	10 11	59 34,2	+ 0,399	0,9975533
VI. *f*.	22	9 21	59 47,1	+ 0,593	0,9975592

Versuch VI. *a.* 1826 Juni 16. $2^h\,41'$ Stz. Barometer 334,28 *L.* + 19,°4 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	1 39 20	517	1 54 12	1034	2 9 4	1522	2 23 6	2039	2 37 58
51	40 48	528	54 31	1045	9 23	1562	24 15	2050	38 17
131	43 6	568	55 40	1085	10 32	1602	25 24	2090	39 26
142	43 25	579	55 59	1096	10 51	1653	26 52	2101	39 45
193	44 53	619	57 8	1136	12 0	1664	27 11	2170	41 44
233	46 2	710	59 45	1147	12 19	1704	28 20	2181	42 3
		750	2 0 54	1187	13 28			2221	43 12
								2232	43 31
125	1 42 55 $\frac{2}{3}$	610 $\frac{1}{7}$	1 56 52 $\frac{5}{7}$	1104 $\frac{2}{7}$	2 11 5 $\frac{2}{7}$	1617 $\frac{5}{6}$	2 25 51 $\frac{1}{3}$	2135 $\frac{1}{2}$	2 40 44,5

2556	2 52 50	3022	3 6 14	3521	3 20 35	4016	3 34 49
2567	53 9	3033	6 33	3539	21 6	4027	35 8
2607	54 18	3073	7 42	3550	21 25	4056	35 58
2618	54 37	3084	8 1	3590	22 34	4067	36 17
2658	55 46	3124	9 10	3601	22 53	4078	36 36
2709	57 14	3135	9 29	3641	24 2	4107	37 26
2738	58 4	3175	10 38	3652	24 21	4118	37 45
2749	58 23	3204	11 28	3692	25 30	4158	38 54
				3703	25 49	4169	39 13
				3743	26 58	4209	40 22
2650 $\frac{1}{3}$	2 55 32 $\frac{5}{8}$	3106 $\frac{1}{3}$	3 8 39 $\frac{3}{8}$	3623,2	3 23 31,3	4100 $\frac{1}{2}$	3 37 14,8

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72531146	Fehler
	h ′ ″	μ	t′	t‴	h ′ ″	″
120	1 42 47,0399	39,3	19,00	20,38	1 42 47,0396	—0,0003
620	57 9,7213	34,2			57 9,7210	—0,0003
1120	2 11 32,3983	30,0	19,05	20,43	2 11 32,3999	+0,0016
1620	25 55,0716	26,3			25 55,0771	+0,0055
2120	40 17,7571	23,2	19,10	20,48	40 17,7528	—0,0043
2620	54 40,4332	20,5			54 40,4275	—0,0057
3120	3 9 3,0986	18,3	19,13	20,53	3 9 3,1016	+0,0030
3620	23 25,7789	16,3			23 35,7753	—0,0036
4120	37 48,4443	14,5	19,16	20,61	37 48,4485	+0,0042

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t′	t″	t‴	t′	t‴
	R	°	°	°	°	°
A.	9,516	19,36	19,94	20,47	18,99	20,10
E.	9,437	19,36	19,94	20,66	19,32	20,64
M.	9,4765	19,36	19,94	20,565	19,155	20,37

Gemessene Länge . . . . . *F* —0,8518
Temperatur von *F* = 19°,74 . +0,1069
Toise, Temperatur = 20°,31 . 864,0392
Elasticität des Fadens . . . . . +0,0042
Länge des Pendels . . . = *F* + 863,2955

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72531146 Uhrz. . . . . = 1″,7211422 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . $1305,^L8249 + 2,9623\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum . . . . . $-0,1911 - 0,0005\,\varepsilon - 0,1911\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0, 2394
——— auf *F* . . . . . — 863, 2955
Resultat des Versuchs . . . . . $F = 442,5776 + 2,9618\,\varepsilon - 0,1911\,k$

Versuch VI. *b.* 1826 Juni 17. $8^h\,57'$ Stz. Barometer 335,21 *L.* + 21°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	7 55 53	568	8 12 13	1005	8 24 47	1511	8 39 20	1988	8 53 3
40	57 2	619	13 41	1045	25 56	1522	39 39	2028	54 12
51	57 21	670	15 9	1107	27 43	1562	40 48	2039	54 31
91	58 30	710	16 18	1176	29 42	1573	41 7	2079	55 40
102	58 49	721	16 37	1187	30 1	1613	42 16	2090	55 59
193	8 1 26					1664	43 44	2130	57 8
						1675	44 3	2141	57 27
						1704	44 53	2181	58 36
$79\frac{1}{2}$	7 58 10$\frac{1}{6}$	$657\frac{3}{5}$	8 14 47,6	1104	8 27 37,8	1603	8 41 58$\frac{3}{4}$	$2084\frac{1}{2}$	8 55 49,5

2505	9 7 55	2993	9 21 57	3499	9 36 30	3987	9 50 32	
2516	8 14	3033	23 6	3510	36 49	4027	51 41	
2556	9 23	3073	24 15	3550	37 58	4067	52 50	
2596	10 32	3124	25 43	3561	38 17	4078	53 9	
2607	10 51	3164	26 52	3590	39 7	4118	54 18	
2647	12 0	3175	27 11	3601	39 26	4129	54 37	
2658	12 19			3641	40 35	4158	55 27	
2698	13 28			3681	41 44	4169	55 46	
						4198	56 36	
						4209	56 55	
$2597\frac{7}{8}$	9 10 35$\frac{1}{4}$	$3093\frac{2}{3}$	9 24 50$\frac{2}{3}$	$3579\frac{1}{8}$	9 38 48$\frac{1}{4}$	4114	9 54 11,1	

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1'',72533894	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	7 58 45,5364	39,9	19,68	20,98	7 58 45,5372	+0,0008
600	8 13 8,2198	34,9			8 13 8,2175	−0,0023
1100	27 30,8986	30,9	19,83	21,08	27 30,8955	−0,0031
1600	41 53,5732	27,5			41 53,5720	−0,0012
2100	56 16,2429	24,4	19,91	21,12	56 16,2472	+0,0043
2600	9 10 38,9164	21,9			9 10 38,9213	+0,0049
3100	25 1,5939	19,7	19,94	21,17	25 1,5957	+0,0018
3600	39 24,2667	17,6			39 24,2676	+0,0009
4100	53 46,9451	15,8	19,98	21,26	53 46,9400	−0,0051

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t'	t''	t'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	9,475	19,80	20,29	20,96	19,65	20,96
E.	9,469	20,05	20,49	21,16	19,98	21,27
M.	9,472	19,925	20,39	21,06	19,815	21,115

Gemessene Länge	*F*—0,8544
Temperatur von *F*=20°,23	+0,1095
Toise, Temperatur=20°,78	864,0438
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels ...	=*F*+863,3031

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72533894 Uhrz. ..... = 1'',7211402 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305^L,8219 + 2,9623\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-0,1912 - 0,0005\,\varepsilon - 0,1911\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... $+0,2394$
——— auf *F* ..... $-863,3031$
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,5670 + 2,9618\,\varepsilon - 0,1911\,k$

Versuch VI. *c.* 1826 Juni 18. $9^h\,34'$ Stz. Barometer 338,40 *L.* + 20°,1 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur: n	t'	t''	Rechnung 1",00356184	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	8 46 24,5	10,9	18,96	19,48	8 46 24,5009	+ 0,0009
560	55 46,5	10,3			55 46,5013	+ 0,0013
1119	9 5 7,5	9,7	18,96	19,48	9 5 7,4974	— 0,0026
1680	14 30,5	9,2			14 30,5003	+ 0,0003
2241	23 53,5	8,7	18,96	19,48	23 53,5027	+ 0,0027
2800	33 14,5	8,2			33 14,4976	— 0,0024
3361	42 37,5	7,7	18,96	19,48	42 37,4994	— 0,0006
3921	51 59,5	7,2			51 59,4971	— 0,0029
4483	10 1 23,5	6,8	18,93	19,43	10 1 23,5017	+ 0,0017
5044	10 46,5	6,4			10 46,5024	+ 0,0024
5604	20 8,5	6,0	18,93	19,43	20 8,4994	— 0,0006

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t'	t''	t'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,671	18,97	19,41	19,92	18,91	19,51
Ende ...	9,661	18,97	19,45	20,02	18,91	19,43
Mittel..	9,666	18,97	19,43	19,97	18,91	19,47

Gemessene Länge ..... $= F$ — 0,8719
Temperatur von $F = 19°,27$ ..... + 0,1043
Elasticität des Fadens..... + 0,0014
Länge des Pendels ..... $= F$ — 0,7662

Beobachtete Schwingungszeit = 1",00356184 Uhrz..... = 1",0011161 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels..... $441,^L7945 + 1,0022\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum..... — 0,0655 — 0,0001 ε — 0,0655 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0395
——— auf *F* ..... + 0,7662
Resultat des Versuchs..... $F = 442,4557 + 1,0021\,\varepsilon - 0,0655\,k$

Versuch VI. *d.* 1826 Juni 18. 3^h 59′ Stz. Barometer 338,16 *L.* + 18°,7 *C.*

	Beobachtete Coincidenzen	Schwingungsweite	t′	t″	Rechnung 1″,00355490	Fehler
	h ′ ″	″	°	°	h ′ ″	″
0	3 10 45,5	13,2	17,88	18,44	3 10 45,5021	+ 0,0021
560	20 7,5	12,5			20 7,4995	— 0,0005
1121	29 30,5	11,8	17,91	18,46	29 30,4999	— 0,0001
1682	38 53,5	11,2			38 53,4997	— 0,0003
2243	48 16,5	10,6	17,96	18,52	48 16,4991	— 0,0009
2804	57 29,5	9,9			57 29,4979	— 0,0021
3366	4 7 3,5	9,3	18,02	18,57	4 7 3,4998	— 0,0002
3928	16 27,5	8,8			16 27,5014	+ 0,0014
4489	25 50,5	8,3	18,07	18,65	25 50,4992	— 0,0008
5051	35 14,5	7,85			35 14,5003	+ 0,0003
5613	44 38,5	7,45	18,13	18,70	44 38,5011	+ 0,0011

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t′	t″	t‴	I′	I″
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,678	18,05	18,47	19,08	17,82	18,41
Ende ...	9,665	18,25	18,62	19,28	18,04	18,70
Mittel ..	9,6715	18,15	18,545	19,18	17,93	18,555

Gemessene Länge	F — 0,8724
Temperatur von F = 18°,41	+ 0,0997
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= F — 0,7713

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00355490 Uhrz. ..... = 1″,0011090 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. ..... $441,^{L}7883$ + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,0657 — 0,0001 ε — 0,0657 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0395
——— auf F ..... + 0,7713
Resultat des Versuchs ..... F = 442,4544 + 1,0021 ε — 0,0657 *k*

Versuch VI. *e.* 1826 Juni 19. $10^h\,11'$ Stz. Barometer 338,23 *L.* + 19°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	9 9 48″	477	9 23 31″	954	9 37 14″	1471	9 52 6″	1988	10 6 58″
40	10 57	517	24 40	994	38 23	1511	53 15	2028	8 7
51	11 16	557	25 49	1005	38 42	1522	53 34	2039	8 26
91	12 25	568	26 8	1045	39 51	1562	54 43	2079	9 35
142	13 53	608	27 17	1056	40 10	1573	55 2	2090	9 54
193	15 21	619	27 36	1096	41 19	1613	56 11	2130	11 3
		659	28 45	1136	42 28	1624	56 30		
		670	29 4	1187	43 56				
$86\frac{1}{6}$	9 12 16$\frac{2}{3}$	$584\frac{3}{8}$	9 26 36$\frac{1}{9}$	$1159\frac{1}{8}$	9 40 15$\frac{3}{8}$	$1553\frac{5}{7}$	9 54 28$\frac{5}{7}$	2059	10 9 0,5

2465	10 20 41″	2982	10 35 33″	3459	10 49 16″	3965	11 3 49″
2476	21 0	3022	36 42	3499	50 25	3976	4 8
2516	22 9	3033	37 1	3510	50 44	4016	5 17
2545	22 59	3073	38 10	3550	51 53	4045	6 7
2556	23 18	3113	39 19	3579	52 43	4056	6 26
2596	24 27	3124	39 38	3601	53 21	4067	6 45
2607	24 46	3164	40 47	3630	54 11	4078	7 4
2647	25 55	3175	41 6	3641	54 30	4107	7 54
						4147	9 3
						4158	9 22
2551	10 23 9$\frac{3}{8}$	3085$\frac{3}{9}$	10 38 32	3558$\frac{6}{8}$	10 52 7$\frac{7}{8}$	4061$\frac{1}{2}$	10 6 35,5

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung $1'',72533750$	Fehler
70	9 11 48,7735	39,6	18,43	19,59	9 11 48,7733	−0,0002
570	26 11,4481	35,0			26 11,4533	+0,0052
1070	40 34,1382	30,9	18,46	19,62	40 34,1307	−0,0075
1570	54 56,8029	27,5			54 56,8064	+0,0035
2070	10 9 19,4789	24,3	18,49	19,64	10 9 19,4806	+0,0017
2570	23 42,1567	21,7			23 42,1538	−0,0029
3070	38 4,8257	19,5	18,51	19,64	38 4,8261	+0,0004
3570	52 27,5009	17,3			52 27,4978	−0,0031
4070	11 6 50,1655	15,5	18,54	19,64	11 6 50,1689	+0,0034

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t'	t''	t'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	9,582	18,68	19,11	19,67	18,43	19,59
E.	9,588	18,78	19,16	19,77	18,57	19,62
M.	9,585	18,73	19,135	19,72	18,50	19,605

Gemessene Länge ..... F — 0,8646
Temperatur von F = 19°,00 + 0,1028
Toise, Temperatur = 19°,48 863,0310
Elasticität des Fadens ..... + 0,0042
Länge des Pendels ... = F + 863,2734

Beobachtete Schwingungszeit = $1'',72533750$ Uhrz. ..... = $1'',7211161$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305,^L7853 + 2,9622\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-\,0,1937 - 0,0005\,\varepsilon - 0,1937\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... $+\,0,2394$
——— auf F ..... $-\,863,2734$
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,5576 + 2,9617\,\varepsilon - 0,1937\,k$

Versuch VI. *f.* 1826 Juni 22. $9^h\,21'$ Stz. Barometer 339,48 *L.* + 18°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	8 17 25	517	8 32 17	1034	8 47 9	1500	9 0 33	2028	9 15 44
11	17 44	528	32 36	1045	47 28	1511	0 52	2068	16 53
131	21 11	568	33 45	1096	48 56	1551	2 1	2119	18 21
142	21 30	630	35 32	1125	49 46	1562	2 20	2159	19 30
182	22 39	699	37 31	1165	50 55	1602	3 29	2199	20 39
193	22 58	710	37 50	1176	51 14	1642	4 38	2210	20 58
				1227	52 42	1693	6 6		
				1267	53 51	1733	7 15		
$109\frac{5}{6}$	8 20 34,5	$608\frac{2}{3}$	8 34 55 $\frac{1}{6}$	$1141\frac{7}{8}$	8 50 15 $\frac{1}{8}$	$1599\frac{1}{3}$	9 3 24 $\frac{1}{3}$	$2130\frac{1}{2}$	9 18 40 $\frac{5}{6}$

2534	9 30 17	3000	9 43 41	3517	9 58 33	4023	10 13 6
2585	31 45	3011	44 0	3528	58 52	4034	13 25
2625	32 54	3091	46 18	3557	59 42	4063	14 15
2636	33 13	3102	46 37	3597	10 0 51	4074	14 34
2665	34 3	3142	47 46	3608	1 10	4114	15 43
2676	34 22	3182	48 55	3648	2 19	4125	16 2
2716	35 31	3193	49 14	3659	2 38	4165	17 11
2727	35 50	3244	50 42	3699	3 47	4176	17 30
						4205	18 20
						4216	18 39
$2645\frac{1}{2}$	9 33 29 $\frac{3}{8}$	$3120\frac{5}{8}$	9 47 9 $\frac{1}{8}$	$3601\frac{5}{8}$	10 0 59	$4119\frac{1}{2}$	10 15 52,5

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1″,72531850	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
120	8 20 52,0409	39,0	16,62	17,25	8 20 52,0463	+0,0054
620	35 14,7204	34,5			35 14,7163	−0,0041
1120	49 37,3834	30,5	16,73	17,34	49 37,3841	+0,0007
1620	9 4 0,0506	27,1			9 4 0,0503	−0,0003
2120	18 22,7173	24,1	16,79	17,37	18 22,7151	−0,0022
2620	32 45,3791	21,5			32 45,3790	−0,0001
3120	47 8,0467	19,3	16,82	17,39	47 8,0420	−0,0047
3620	10 1 30,7029	17,3			10 1 30,7045	+0,0016
4120	15 53,3627	15,5	16,82	17,39	15 53,3664	+0,0037

Messung der Länge des Pendels.

	Schrb. des Fühlh.	σ'	σ''	σ'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
A.	9,592	16,75	16,87	17,30	16,60	17,22
E.	9,566	16,94	17,06	17,45	16,82	17,41
M.	9,579	16,845	16,965	17,375	16,71	17,315

Gemessene Länge ..... F — 0,8640
Temperatur von F = 16°,92 + 0,0916
Toise, Temperatur = 17,21 864,0087
Elasticität des Fadens .... + 0,0042
Länge des Pendels .. = F + 863,2405

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72531850 Uhrz. ..... = 1″,7211074 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 1305,7721 + 2,9621 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 1958 — 0,0005 ε — 0,1957 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0, 2394
——— auf F ..... — 863, 2405
Resultat des Versuchs ..... F = 442, 5752 + 2,9616 ε — 0,1957 *k*

7te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,91 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

		R	*P*
		h ′ ″	h ′ ″
1	Juni 24	6 8 30	6 4 47
2		7 5 30	7 1 46
3		8 4 0	8 0 15
4		10 58 30	10 54 42
5		11 57 0	11 53 11
6		12 55 0	12 51 10
7		13 53 0	13 49 9
8	25	5 17 30	5 13 23
9		6 14 30	6 10 22
10		7 12 0	7 7 51
11		8 8 0	8 3 50
12		9 6 0	9 1 49
13		10 2 30	9 58 18
14		10 59 30	10 55 17
15		11 56 30	11 52 16
16		6 1 0	5 56 27
17	26	6 58 0	6 53 26
18		11 42 0	11 37 21
19		12 39 0	12 34 20
20		6 2 0	5 57 2
21	27	6 59 30	6 54 31
22		7 56 0	7 51 0
23		10 48 30	10 43 27
24		11 45 0	11 39 56
25		12 43 0	12 37 55
26		1 11 0	1 5 42
27		2 8 0	2 2 41
28		4 59 0	4 53 38
29		5 56 0	5 50 37
30	28	6 52 30	6 47 6
31		8 45 30	8 40 4
32		11 36 0	11 30 31
33		13 30 0	13 24 29

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h ′	′ ″
1 bis 7	Juni 24	9 57	58 8,7
8 - 15	25	8 37	56 59,6
16 - 19	26	9 20	56 50,3
20 - 25	27	9 23	57 15,2
26 - 29	27	3 34	57 0,0
30 - 33	28	10 11	56 47,6

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung		Tägliche Veränderung
	h ′	″		h ′ ″
Juni 23	8 42	+ 6,314	Juni 23	20 26 + 0,444
24	8 10	+ 6,748	24	19 59 + 0,424
25	7 48	+ 7,165	25	20 11 + 0,722
26	8 33	+ 7,910	26	22 49 + 0,568
27	13 5	+ 8,586	27	21 59 + 0,491
28	6 52	+ 8,950	28	20 47 + 0,812
29	10 41	+ 9,891		

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
VII.*a*.	Juni 24	9 51	58 8,7	+ 0,433	0,9975605
VII.*b*.	25	8 45	56 59,6	+ 0,581	0,9975680
VII.*c*.	26	9 24	56 50,3	+ 0,646	0,9975695
VII.*d*.	27	9 21	57 15,2	+ 0,533	0,9975661
VII.*e*.	27	3 34	57 0,0	+ 0,565	0,9975678
VII.*f*.	28	10 12	56 47,6	+ 0,663	0,9975700

Versuch VII. *a.* 1826 Juni 24. $9^h\,51'$ Stz. Barometer 338,94 *L.* + 18°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	8 44 45	517	8 59 37	1074	9 15 38	1540	9 29 4	2046	9 43 35
91	47 22	568	9 1 5	1114	16 47	1580	30 11	2057	43 54
102	47 41	608	2 14	1165	18 15	1631	31 39	2097	45 3
142	48 50	659	3 42	1205	19 24	1682	33 7	2137	46 12
182	49 59	699	4 51	1216	19 43	1722	34 16	2148	46 31
233	51 27	790	7 28	1256	20 52	1773	35 44	2188	47 40
								2239	49 8
								2279	50 17
125	8 48 20 $\frac{2}{3}$	640 $\frac{1}{6}$	9 3 9,5	1171 $\frac{2}{3}$	9 18 26,5	1654 $\frac{2}{3}$	9 32 19 $\frac{5}{6}$	2148 $\frac{7}{8}$	9 46 32,5

2603	9 59 36	3069	10 13 0	3535	10 26 24	4052	10 41 16	
2654	10 1 4	3080	13 19	3586	27 52	4063	41 35	
2665	1 23	3120	14 28	3626	29 1	4092	42 25	
2694	2 13	3171	15 56	3637	29 20	4103	42 44	
2705	2 32	3211	17 5	3677	30 29	4143	43 53	
2745	3 41	3262	18 33	3688	30 48	4154	44 12	
				3728	31 57	4183	45 2	
				3768	33 6	4194	45 21	
						4234	46 30	
						4245	46 49	
2677 $\frac{2}{3}$	10 1 44 $\frac{5}{6}$	3152 $\frac{1}{6}$	10 15 23,5	3655 $\frac{5}{8}$	10 29 52 $\frac{1}{8}$	4146,3	10 43 58,7	

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung $1'',72530916$	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
150	8 49 2,7997	39,8	16,56	17,33	8 49 2,7957	−0,0040
650	9 3 26,4656	34,8			9 3 26,4609	−0,0053
1160	17 49,1181	30,7	16,62	17,34	17 49,1235	+0,0054
1650	32 11,7818	27,2			32 11,7849	+0,0031
2150	46 34,4411	24,2	16,67	17,37	46 34,4449	+0,0038
2650	10 0 57,0994	21,8			10 0 57,1040	+0,0046
3150	15 19,7618	19,4	16,71	17,40	15 19,7622	+0,0004
3650	29 42,4201	17,4			29 42,4199	−0,0002
4150	44 5,0837	15,6	16,71	17,41	44 5,0770	−0,0067

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebs.	ϵ'	ϵ''	ϵ'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	9,541	16,50	16,68	17,10	16,55	17,33
E.	9,495	16,74	16,92	17,30	16,71	17,41
M.	9,518	16,62	16,80	17,20	16,63	17,37

Gemessene Länge . . . . . F — 0,8585
Temperatur von F = 16°,74 + 0,0906
Toise, Temperatur = 17°,04 864,0070
Elasticität des Fadens . . . . . + 0,0042
Länge des Pendels . . . = F + 863,2433

Beobachtete Schwingungszeit = $1'',72530916$ Uhrz . . . . . = $1'',7211002$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . $1305\frac{l}{7612}$ + 2,9621 ϵ
Reduction auf den leeren Raum . . . . . — 0,1955 — 0,0005 ϵ — 0,1954 k
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0,2393
——— auf F . . . . . — 863,2433
Resultat des Versuchs . . . . . F = 442,5617 + 2,9616 ϵ — 0,1954 k

Versuch VII. *b.* 1826 Juni 25. $8^h\ 45'$ Stz. Barometer 339,24 *L.* + 18°,5 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

2	7 40 27	570	7 56 47	1036	8 10 11	1513	8 23 54	2030	8 38 46
53	41 55	581	57 6	1047	10 30	1524	24 13	2070	39 55
93	43 4	621	58 15	1098	11 58	1604	26 31	2110	41 4
144	44 32	661	59 24	1109	12 17	1644	27 40	2121	41 23
184	45 41	672	59 43	1138	13 7	1655	27 59	2161	42 32
195	46 0			1178	14 16	1695	29 8	2172	42 51
								2212	44 0
$111\frac{5}{6}$	7 43 36,5	621	7 58 15	1101	8 12 $3\frac{1}{6}$	$1605\frac{5}{6}$	8 26 $34\frac{1}{6}$	$2125\frac{1}{7}$	8 41 $30\frac{1}{7}$

2507	8 52 29	3002	9 6 43	3519	9 21 35	4025	9 36 8
2536	53 19	3053	8 11	3559	22 44	4036	36 27
2576	54 28	3064	8 30	3570	23 3	4076	37 36
2587	54 47	3093	9 20	3610	24 12	4087	37 55
2627	55 56	3104	9 39	3621	24 31	4116	38 45
2638	56 15	3144	10 48	3650	25 21	4127	39 4
2678	57 24	3155	11 7	3661	25 40	4167	40 13
2689	57 43	3195	12 6	3701	26 49	4207	41 22
				3741	27 58	4218	41 41
				3752	28 17	4229	42 0
$2604\frac{5}{6}$	8 55 $17\frac{5}{6}$	$3101\frac{1}{6}$	9 9 $34\frac{1}{6}$	3638,4	9 25 1	4128,8	9 39 7,1

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite	Temperatur		Rechnung 1″,72531890	Fehler
	h ′ ″	″	°	°	h ′ ″	″
110	7 43 33,3369	38,8	16,66	17,49	7 43 33,3492	+0,0123
610	57 56,0213	34,0			57 56,0188	−0,0025
1110	8 12 18,6947	30,2	16,72	17,58	8 12 18,6861	−0,0086
1610	26 41,3556	26,9			26 41,3519	−0,0037
2110	41 4,0164	24,0	16,78	17,67	41 4,0164	0,0000
2610	55 26,6830	21,4			55 26,6801	−0,0029
3110	9 9 49,3467	19,2	16,83	17,76	9 9 49,3430	−0,0037
3610	24 12,0006	17,2			24 12,0056	+0,0050
4110	38 34,6638	15,4	16,92	17,85	38 34,6678	+0,0040

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhrb.	*s′*	*s″*	*s‴*	*t′*	*t‴*
	R	°	°	°	°	°
A.	9,386	16,69	16,92	17,40	16,68	17,47
E.	9,361	16,94	17,21	17,64	16,94	17,87
M.	9,3735	16,815	17,065	17,52	16,80	17,67

Gemessene Länge ..... *F* — 0,8455
Temperatur von *F* = 16°,98 + 0,0919
Toise, Temperatur = 17, 33 864,0098
Elasticität des Fadens..... + 0,0042
Länge des Pendels... = *F* + 863,2604

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72531890 Uhrz. ..... = 1″,7211229 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. ..... 1305,^{L}7956 + 2,9622 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 1955 — 0,0005 ε — 0,1955 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel..... + 0, 2393
——— auf *F* ..... — 863, 2604
Resultat des Versuchs ..... *F* = 442, 5790 + 2,9617 ε — 0,1955 *k*

Versuch VII. *c.* 1826 Juni 26. $9^h\ 24'$ Stz. Barometer 337,62 *L.* + 20°,3 *C*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur u	t'	t''	Rechnung 1,″00354244	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	8 32 24,5	13,3	18,05	18,70	8 32 24,5019	+ 0,0019
562	41 48,5	12,5			41 48,4996	— 0,0004
1125	51 13,5	11,8	18,16	18,73	51 13,5005	+ 0,0005
1688	9 0 38,5	11,1			9 0 38,5007	+ 0,0007
2251	10 3,5	10,5	18,21	18,75	10 3,5004	+ 0,0004
2814	19 28,5	9,8			19 28,4996	— 0,0004
3377	28 53,5	9,2	18,29	18,79	28 53,4984	— 0,0016
3940	38 18,5	8,7			38 18,4968	— 0,0032
4504	47 44,5	8,2	18,32	18,83	47 44,4984	— 0,0016
5068	57 10,5	7,7			57 10,4998	— 0,0002
5633	10 6 37,5	7,3	18,32	18,89	10 6 37,5045	+ 0,0045

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t'	t''	t'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,724	17,86	18,18	18,78	17,88	18,36
Ende ...	9,753	18,29	18,57	19,23	18,35	18,91
Mittel..	9,7385	18,075	18,375	19,005	18,115	18,635

Gemessene Länge	F — 0,8784
Temperatur von $F = 18°,27$	+ 0,0989
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F$ — 0,7781

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00354244 Uhrz. ..... = 1″,0011033 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $441,^L7832 + 1,0022\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $- 0,0655 - 0,0001\varepsilon - 0,0655k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0395
——— auf F ..... + 0,7781
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,4563 + 1,0021\varepsilon - 0,0655k$

Versuch VII. *d.* 1826 Juni 27. 9^h 21′ Stz. Barometer 337,57 *L.* + 20°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t''	Rechnung 1″,00355299	Fehler
	° ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
0	8 29 7,5	11,3	18,54	19,13	8 29 7,4977	— 0,0023
562	38 31,5	10,5			38 31,4994	— 0,0006
1124	47 55,5	9,8	18,54	19,16	47 55,5005	+ 0,0005
1686	57 19,5	9,3			57 19,5012	+ 0,0012
2248	9 6 43,5	8,8	18,54	19,18	9 6 43,5015	+ 0,0015
2810	16 7,5	8,3			16 7,5013	+ 0,0013
3372	25 31,5	7,8	18,54	19,26	25 31,5009	+ 0,0009
3934	34 55,5	7,2			34 55,5002	+ 0,0002
4496	44 19,5	6,8	18,57	19,26	44 19,4992	— 0,0008
5058	53 43,5	6,4			53 43,4980	— 0,0020
5621	10 3 8,5	6,1	18,60	19,29	10 3 8,5002	+ 0,0002

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	θ'	θ''	θ'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,762	18,63	18,91	19,48	18,51	19,08
Ende ...	9,764	18,73	19,01	19,57	18,60	19,29
Mittel..	9,763	18,68	18,96	19,525	18,555	19,185

Gemessene Länge ..... $= F$ — 0,8806
Temperatur von $F = 18°,86$ ..... + 0,1021
Elasticität des Fadens ..... + 0,0014
Länge des Pendels ..... $= F$ — 0,7771

Beobachtete Schwingungszeit = 1″, 00355299 Uhrz. ..... = 1″, 0011104 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 441,7895 + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 0654 — 0,0001 ε — 0,0654 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0, 0395
——— auf F ..... + 0, 7771
Resultat des Versuchs ..... $F = 442, 4617 + 1,0021\,\varepsilon - 0,0654\,k$

Versuch VII. *e.* 1826 Juni 27. $3^h\,34'$ Stz. Barometer 340,39 *L.* + 19°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	2 29 18	477	2 43 1	1023	2 58 43	1500	3 12 26	1977	3 26 9
40	30 27	517	44 10	1034	59 2	1540	13 35	2017	27 18
51	30 46	557	45 19	1074	3 0 11	1551	13 54	2068	28 46
91	31 55	568	45 38	1085	0 30	1591	15 3	2108	29 55
102	32 14	608	46 47	1125	1 39	1602	15 22	2119	30 14
142	33 23	619	47 6	1136	1 58	1642	16 31	2159	31 23
		659	48 15						
		670	48 34						
71	2 31 20,5	584 1/8	2 46 6 1/4	1079 1/2	3 0 20,5	1571	3 14 28,5	2074 2/3	3 28 57,5

2483	3 40 42	2960	3 54 25	3466	4 8 58	3972	4 23 31
2494	41 1	3000	55 34	3506	10 7	3983	23 50
2534	42 10	3040	56 43	3517	10 26	3994	24 9
2574	43 19	3051	57 2	3528	10 45	4023	24 59
2585	43 38	3091	58 11	3557	11 35	4034	25 18
2625	44 47	3102	58 30	3568	11 54	4074	26 27
2636	45 6	3142	59 39	3608	13 3	4085	26 46
2676	46 15	3153	59 58	3619	13 22	4125	27 55
				3659	14 31	4136	28 14
				3670	14 50	4165	29 4
2575 7/8	3 43 22 1/4	3067 3/8	3 57 30 1/4	3569,8	4 11 57,1	4059,1	4 26 1,3

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung	Fehler
	h ′ ″	μ	t′ °	t‴ °	1″,72532280 h ′ ″	″
70	2 31 18,7747	38,7	17,93	19,31	2 31 18,7719	—0,0028
570	45 41,4484	34,3			45 41,4439	—0,0045
1070	3 0 4,1093	29,9	18,00	19,35	3 0 4,1136	+0,0043
1570	14 26,7747	26,4			14 26,7814	+0,0067
2070	28 49,4484	23,5	18,03	19,35	28 49,4479	—0,0005
2570	43 12,1137	21,1			43 12,1134	—0,0003
3070	57 34,7790	18,9	18,06	19,37	57 34,7782	—0,0008
3570	4 11 57,4450	16,8			4 11 57,4424	—0,0026
4070	26 20,1061	15,2	18,11	19,37	26 20,1062	+0,0001

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb. R	t′ °	t″ °	t‴ °	t′ °	t″ °
A.	9,496	18,05	18,42	19,30	17,91	19,29
E.	9,503	18,29	18,57	19,45	18,13	19,37
M.	9,4995	18,17	18,495	19,155	18,02	19,33

Gemessene Länge ..... F —0,8569
Temperatur von F = 18°,35 +0,0995
Toise, Temperatur = 18,88 864,0251
Elasticität des Fadens .... +0,0042
Länge des Pendels .. = F +863,2719

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72532280 Uhrz. ..... = 1″,7211265 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 1305,8011 + 2,9622 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 1954 — 0,0005 ε — 0,1953 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0, 2394
——— auf F ..... — 863, 2719
Resultat des Versuchs ..... F = 442, 5732 + 2,9617 ε — 0,1953 *k*

Versuch VII. *f.* 1826 Juni 28. $10^h\ 12'$ Stz. Barometer 340,61 *L.* + 20°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	9 5 39	506	9 20 12	1023	9 35 4	1500	9 48 47	2006	10 3 20
40	6 48	517	20 31	1034	35 23	1540	49 56	2017	3 39
80	7 57	568	21 59	1074	36 32	1551	50 15	2068	5 7
91	8 16	608	23 8	1085	36 51	1591	51 24	2079	5 26
182	10 53	648	24 17	1125	38 0	1602	51 43	2108	6 16
222	12 2	659	24 36	1165	39 9	1642	52 52	2148	7 25
		699	25 45	1176	39 28	1682	54 1	2159	7 44
		710	26 4	1216	40 37	1693	54 20	2199	8 53
$102\frac{1}{2}$	9 8 35	$614\frac{1}{8}$	9 23 19	$1112\frac{1}{4}$	9 37 38	$1600\frac{1}{8}$	9 51 39	2098	10 5 58

2523	10 18 12	3000	10 31 55	3506	10 46 28	3994	11 0 30
2534	18 31	3011	32 14	3517	46 47	4023	1 20
2574	19 40	3040	33 4	3557	47 56	4034	1 39
2585	19 59	3051	33 23	3597	49 5	4063	2 29
2614	20 49	3091	34 32	3608	49 24	4074	2 48
2625	21 8	3131	35 41	3619	49 43	4085	3 7
2665	22 17	3142	36 0	3648	50 33	4125	4 16
2676	22 36	3182	37 9	3659	50 52	4165	5 25
				3699	52 1	4176	5 45
				3710	52 20	4216	6 53
2599 $\frac{1}{2}$	10 20 24	3081	10 34 14 $\frac{3}{4}$	3612	10 49 30,9	4095,5	11 3 25,1

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung	Fehler
	h ′ ″	n	t′	t‴	1″,72532366	″
100	9 8 31,5200	38,7	18,69	19,87	9 8 31,5224	+0,0024
600	22 54,1984	34,1			22 54,1948	−0,0036
1100	37 16,8647	30,0	18,78	19,90	37 16,8648	+0,0001
1600	51 39,5343	26,6			51 39,5331	−0,0012
2100	10 6 2,2007	23,6	18,82	19,98	10 6 2,2002	−0,0005
2600	20 24,8627	21,2			20 24,8665	+0,0038
3100	34 47,5313	19,0	18,84	20,02	34 47,5320	+0,0007
3600	49 10,1960	16,9			49 10,1969	+0,0009
4100	11 3 82,8640	15,3	18,87	20,06	11 3 32,8615	−0,0025

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t′	t″	t‴	t′	t″
	R	°	°	°	°	°
A.	9,483	18,68	19,06	19,67	18,57	19,83
E.	9,475	18,88	19,31	19,87	18,91	20,07
M.	9,479	18,78	19,185	19,77	18,74	19,95

Gemessene Länge	*F*—0,8550
Temperatur von *F* = 19°, 04	+0,1031
Toise, Temperatur = 19°, 53	864,0315
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels ...	= *F* + 863,2838

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72532366 Uhrz. ..... = 1″,7211311 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305,^L8081 + 2,9622\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-0,1949 - 0,0005\,\varepsilon - 0,1949\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0, 2394
——— auf *F* ..... — 863, 2838
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,5688 + 2,9617\,\varepsilon - 0,1949\,k$

8te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,70 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

			R	*P*
			h ′ ″	h ′ ″
1	Juni	29	6 32 30	6 26 16
2		30	8 26 30	8 20 14
3			11 16 30	10 10 11
4			13 9 30	13 3 9
5			1 33 30	1 26 56
6			2 31 30	2 24 55
7			5 22 0	5 15 22
8			6 18 30	6 11 51
9	Juli	1	2 22 0	2 15 0
10			3 19 30	3 12 29
11			4 17 0	4 9 58
12			5 14 0	5 6 57
13			6 11 0	6 3 56
14		3	6 46 0	6 38 30
15			9 37 30	9 29 57
16			10 34 0	10 26 26
17			13 26 30	13 18 53
18			6 46 0	6 38 5
19		4	8 41 30	8 33 33
20			11 30 0	11 22 0
21			13 23 0	13 14 58
22			3 30 30	3 22 13
23			4 27 30	4 19 12
24		5	7 14 30	7 6 9
25			8 11 0	8 2 38

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

			h ′	′ ″
1 bis 4	Juni	30	9 52	56 42,4
5 - 8		30	3 57	56 57,4
9 - 13	Juli	1	4 17	57 15,0
14 - 17		3	10 6	57 12,0
18 - 21		4	10 6	56 37,8
22 - 25		4	5 51	56 0,9

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

		St. Z.	Verbesserung			Tägliche Veränderung
		h ′	″			″
Juni	29	10 41	+ 9,891	Juni	29	22 32 + 0,894
	30	10 23	+10,774		30	20 19 + 0,948
	30	6 14	+11,558	Juli	1	19 52 + 0,797
Juli	2	9 30	+12,463		2	19 55 + 0,884
	2	6 19	+13,230		3	20 10 + 1,013
	4	10 0	+14,398		4	21 54 + 0,863
	5	9 47	+15,253		5	1 6 + 0,985
	6	16 24	+16,510			

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	t Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
VIII.*a*.	Juni 30	9 53	56 42,4	+ 0,922	0,9975734
VIII.*b*.	30	3 59	56 57,4	+ 0,899	0,9975719
VIII.*c*.	Juli 1	4 24	57 15,0	+ 0,828	0,9975695
VIII.*d*.	3	10 10	57 12,0	+ 0,960	0,9975713
VIII.*e*.	4	10 8	56 37,8	+ 0,932	0,9975739
VIII.*f*.	4	5 45	56 0,9	+ 0,898	0,9975768

Versuch VIII. *a.* 1826 Juni 30. $9^h\,53'$ Stz. Barometer 340,29 *L.* + 22°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	8 45 55	535	9 1 18	1008	9 14 54	1503	9 29 8	1987	9 43 3
51	47 23	575	2 27	1019	15 13	1514	29 27	1998	43 22
91	48 32	586	2 46	1059	16 22	1543	30 17	2038	44 31
131	49 41	626	3 55	1070	16 41	1554	30 36	2078	45 40
142	50 0	666	5 4	1110	17 50	1594	31 45	2118	46 49
182	51 9			1150	18 59	1634	32 54	2129	47 8
				1201	20 27	1685	34 22	2169	48 17
						1725	35 31		
$99\frac{1}{2}$	8 48 46$\frac{5}{7}$	597,6	9 3 6	$1088\frac{1}{7}$	9 17 12$\frac{5}{7}$	1594	9 31 45	$2073\frac{6}{7}$	9 45 32$\frac{6}{7}$

2522	9 58 26	3006	10 12 21	3490	10 26 16	3985	10 40 30	
2562	59 35	3017	12 40	3530	27 25	4025	41 39	
2573	59 54	3046	13 30	3541	27 44	4065	42 48	
2613	10 1 3	3057	13 49	3581	28 53	4076	43 7	
2653	2 12	3086	14 39	3592	29 12	4105	43 57	
2693	3 21	3097	14 58	3621	30 2	4116	44 16	
2704	3 40	3137	16 7	3632	30 21	4145	45 6	
2744	4 49	3177	17 16	3661	31 11	4156	45 25	
		3188	17 35	3672	31 30	4167	45 44	
				3712	32 39	4196	46 34	
2633	10 1 37,5	$3090\frac{1}{9}$	10 14 46$\frac{1}{9}$	3603,2	10 29 31,3	4103,6	10 43 54,6	

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite	Temperatur		Rechnung 1″,72520350	Fehler
		n	*t′*	*t‴*		
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	8 48 47,5293	39,3	19,66	21,13	8 48 47,5247	−0,0046
600	9 3 10,1405	34,7			9 3 10,1367	−0,0038
1100	17 32,7418	30,2	19,81	21,29	17 32,7466	+0,0048
1600	31 55,3513	27,0			31 55,3548	+0,0035
2100	46 17,9591	24,1	19,93	21,41	46 17,9619	+0,0028
2600	10 0 40,5679	21,5			10 0 40,5682	+0,0003
3100	15 3,1716	19,3	19,98	21,49	15 3,1740	+0,0024
3600	29 25,7793	17,3			29 25,7791	−0,0002
4100	43 48,3892	15,5	20,00	21,56	43 48,3839	−0,0053

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube der Fühlhrb.	*t′*	*t″*	*t‴*	*t′*	*t‴*
	R	°	°	°	°	°
A.	11,735	19,71	20,19	20,86	19,60	21,12
E.	11,720	20,05	23,44	21,26	20,06	21,64
M.	11,7275	19,88	20,315	21,06	19,83	21,38

Gemessene Länge	F = 1,0578
Temperatur von F = 20°,16 .	+0,1091
Toise, Temperatur = 20,75 .	864,0435
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels . .	= F + 863,0990

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72520350 Uhrz. . . . . = 1″,7210171 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . 1305,^{L}6351 + 2,9619 ε
Reduction auf den leeren Raum . . . . . — 0, 1940 — 0,0005 ε — 0,1939 k
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0, 2385
——— auf F . . . . . — 863, 0990
Resultat des Versuchs . . . . . F = 442, 5806 + 2,9614 ε — 0,1939 k

Versuch VIII. *b.* 1826 Juni 30. $3^h\,59'$ Stz. Barometer 341,45 *L.* + 22°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	2 52 20	535	3 7 43	1008	3 21 19	1503	3 35 33	1987	3 49 28
40	53 29	575	8 52	1019	21 38	1583	37 51	2027	50 37
51	53 48	615	10 1	1059	22 47	1594	38 10	2038	50 56
131	56 6	626	10 20	1150	25 24	1634	39 19	2078	52 5
171	57 15	666	11 29	1190	26 33	1725	41 56	2089	52 24
182	57 34			1201	26 52	1765	43 5	2169	54 42
95 5/6	2 55 5 1/3	603,4	3 9 41	1104 1/2	3 24 5,5	1634	3 39 19	2064 2/3	3 51 42

2482	4 3 42	2995	4 18 27	3490	4 32 41	3985	4 46 55	
2522	4 51	3006	18 46	3519	33 31	4014	47 45	
2551	5 41	3046	19 55	3530	33 50	4025	48 4	
2562	6 0	3086	21 4	3570	34 59	4065	49 13	
2602	7 9	3097	21 23	3581	35 18	4076	49 32	
2613	7 28	3137	22 32	3621	36 27	4105	50 22	
2653	8 37	3177	23 41	3632	36 46	4116	50 41	
2693	9 46	3188	24 0	3661	37 36	4145	51 31	
				3672	37 55	4156	51 50	
				3701	38 45	4196	52 59	
2584 3/4	4 6 39 1/4	3091 1/2	4 21 13,5	3597,7	4 35 46,8	4088,3	4 49 53,2	

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung	Fehler
	h ′ ″	u	t′	t″	1″,72520352	″
100	2 55 12,5217	39,2	20°,02	21°,43	2 55 12,5177	−0,0040
600	3 9 35,1343	34,2			3 9 35,1302	−0,0041
1100	23 57,7365	30,3	20°,05	21°,46	23 57,7403	+0,0038
1600	38 20,3427	27,0			38 20,3486	+0,0059
2100	52 42,9576	23,9	20°,09	21°,50	52 42,9557	−0,0019
2600	4 7 5,5595	21,4			4 7 5,5617	+0,0022
3100	21 28,1643	19,3	20°,12	21°,57	21 28,1671	+0,0028
3600	35 50,7680	17,2			35 50,7720	+0,0040
4100	50 13,3850	15,5	20°,15	21°,64	50 13,3764	−0,0086

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	t′	t‴
	R	°	°	°	°	°
A.	11,789	19°,95	20°,39	21°,16	19°,98	21°,38
E.	11,781	20°,25	20°,68	21°,46	20°,14	21°,67
M.	11,785	20°,10	20°,535	21°,31	20°,06	21°,525

Gemessene Länge . . . . . *F* — 1,0630
Temperatur von *F* = 20°,38 + 0,1103
Toise, Temperatur = 20, 99 864,0459
Elasticität des Fadens . . . . . + 0,0042
Länge des Pendels . . . = *F* + 863,0974

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72520352 Uhrz. . . . . = 1″,7210146 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . $1305^L,6313 + 2,9619\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum . . . . . $- 0,1946 - 0,0005\,\varepsilon - 0,1945\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0,2385
——— auf *F* . . . . . − 863,0974
Resultat des Versuchs . . . . . $F = 442,5778 + 2,9614\,\varepsilon - 0,1945\,k$

Versuch VIII. *c.* 1826 Juli 1. $4^h\,24'$ Stz. Barometer 340,93 *L.* + 22°,8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite	Temperatur		Rechnung 1″,00332730	Fehler
	h ′ ″	a	t′	t″	h ′ ″	″
0	3 26 56,5	12,5	20,67	21,51	3 26 56,4998	— 0,0002
600	36 58,5	11,7			36 58,5024	+ 0,0024
1199	46 59,5	10,9	20,70	21,54	46 59,5009	+ 0,0009
1798	57 0,5	10,2			57 0,4987	— 0,0013
2398	4 7 2,5	9,6	20,75	21,59	4 7 2,4992	— 0,0008
2998	17 4,5	9,0			17 4,4994	— 0,0006
3598	27 6,5	8,5	20,81	21,62	27 6,4992	— 0,0008
4198	37 8,5	8,0			37 8,4987	— 0,0013
4798	47 10,5	7,6	20,94	21,67	47 10,4981	— 0,0019
5399	57 13,5	7,2			57 13,5005	+ 0,0005
5999	5 7 15,5	6,8	21,00	21,72	5 7 15,5029	+ 0,0029

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t′	t″	t‴	t′	t′
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	12,044	20,78	21,33	22,05	20,64	21,49
Ende ...	12,040	20,98	21,47	22,30	21,00	21,77
Mittel..	12,042	20,88	21,40	22,175	20,82	21,63

Gemessene Länge	$= F -$ 1,0862
Temperatur von $F = 21°,22$	+ 0,1149
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F -$ 0,9699

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00332730 Uhrz..... = 1″,0008887 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels..... $441,^{L}5938 + 1,0018\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $- 0,0655 - 0,0001\,\varepsilon - 0,0655\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0403
——— auf F ..... + 0,9699
Resultat des Versuchs..... $F = 442,4579 + 1,0017\,\varepsilon - 0,0655\,k$

Versuch VIII. *d.* 1826 Juli 3. $10^h\ 10'$ Stz. Barometer 339,77 *L.* + 24°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,00332588	Fehler
	h ′ ″	n	t′	t″	h ′ ″	″
0	9 11 59,5	11,8	22°,40	23°,32	9 11 59,4957	— 0,0043
601	22 2,5	11,1			22 2,5003	+ 0,0003
1201	32 4,5	10,4	22,46	23,32	32 4,5009	+ 0,0009
1801	42 6,5	9,8			42 6,5010	+ 0,0010
2401	52 8,5	9,2	22,46	23,38	52 8,5007	+ 0,0007
3002	10 2 11,5	8,7			10 2 11,5032	+ 0,0032
3602	12 13,5	8,2	22,46	23,38	12 13,5020	+ 0,0020
4202	22 15,5	7,7			22 15,5005	+ 0,0005
4802	32 17,5	7,3	22,48	23,40	32 17,4986	— 0,0014
5403	42 20,5	6,8			42 20,4998	— 0,0002
6003	52 22,5	6,4	22,51	23,43	52 22,4975	— 0,0025

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t′	t″	t‴	t′	t″
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	12,069	22,40	23,19	23,88	22,40	23,32
Ende ...	12,067	22,60	23,33	24,03	22,51	23,43
Mittel ..	12,068	22,50	23,26	23,955	22,455	23,375

Gemessene Länge	F — 1,0885
Temperatur von F = 22°,99	+ 0,1244
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= F — 0,9627

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00332588 Uhrz. ..... = 1″,0008891 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 441,5942 + 1,0018 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,0649 — 0,0001 ε — 0,0649 k
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0403
——— auf F ..... + 0,9627
Resultat des Versuchs ..... F = 442,4517 + 1,0017 ε — 0,0649 k

Versuch VIII. *e.* 1826 Juli 4. $10^h\ 8'$ Stz. Barometer 340,52 *L.* + 23°,9 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	9 0 19	506	9 14 52	1019	9 29 37	1514	9 43 51	2020	9 58 24
11	0 38	575	16 51	1030	29 56	1525	44 10	2038	58 55
62	2 6	626	18 19	1070	31 5	1565	45 19	2049	59 14
102	3 15	637	18 38	1081	31 24	1576	45 38	2089	10 0 23
131	4 5	688	20 6	1132	32 52	1645	47 37	2100	0 42
182	5 33			1201	34 51	1707	49 24	2140	1 51
								2151	2 10
								2169	2 41
$81\frac{1}{3}$	9 2 39$\frac{1}{3}$	606,4	9 17 45,2	$1088\frac{5}{6}$	9 31 37,5	$1588\frac{2}{3}$	9 45 59$\frac{5}{6}$	$2094\frac{1}{2}$	10 0 32,5

2533	10 13 9	2977	10 25 55	3483	10 40 28	3996	10 55 13
2544	13 29	2988	26 14	3501	40 59	4007	55 32
2584	14 37	3028	27 23	3552	42 27	4025	56 3
2595	14 56	3039	27 42	3563	42 46	4047	56 41
2613	15 27	3057	28 13	3603	43 55	4058	57 0
2624	15 46	3108	29 41	3614	44 14	4087	57 50
2664	16 55	3119	30 0	3665	45 42	4098	58 9
2675	17 14	3159	31 9	3683	46 13	4127	58 59
		3170	31 28	3694	46 32	4138	59 18
						4189	11 0 46
2604	10 15 11,5	3071$\frac{2}{3}$	10 28 38$\frac{1}{3}$	3595$\frac{1}{3}$	10 43 41$\frac{7}{3}$	4077,2	10 57 33,1

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1″,72521338	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
90	9 2 54,2852	39,0	21,64	23,13	9 2 54,2848	−0,0004
590	17 16,9063	34,1			17 16,9019	−0,0044
1090	31 39,5128	30,1	21,70	23,22	31 39,5166	+0,0038
1590	46 2,1336	26,8			46 2,1296	−0,0040
2090	10 0 24,7365	23,7	21,75	23,31	10 0 24,7414	+0,0049
2590	14 47,3469	21,3			14 47,3522	+0,0053
3090	29 9,9624	19,2	21,80	23,40	29 9,9625	+0,0001
3590	43 32,5766	17,2			43 32,5723	−0,0043
4090	57 55,1829	15,4	21,85	23,48	57 55,1818	−0,0011

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	s'	s''	s'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	11,808	21,76	22,36	23,19	21,63	23,11
E.	11,775	21,96	22,60	23,34	21,85	23,54
M.	11,7915	21,86	22,48	23,265	21,74	23,325

Gemessene Länge ..... F — 1,0636
Temperatur von F = 22°,26 + 0,1205
Toise, Temperatur = 22°,94 864,0648
Elasticität des Fadens ..... + 0,0042
Länge des Pendels ... = F + 863,1259

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72521338 Uhrz. ..... = 1″,7210279 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 1305,6515 + 2,9619 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,1928 — 0,0005 ε — 0,1928 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0,2385
——— auf F ..... — 863,1259
Resultat des Versuchs ..... F = 442,5713 + 2,9614 ε — 0,1928 *k*

Versuch VIII. *f.* 1826 Juli 4. $5^h\,45'$ Stz. Barometer 340,43 *L.* + 23,°6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	4 36 45″	455	4 49 50″	979	5 4 54″	1463	5 18 49″	1958	5 33 3″
11	37 4	495	50 59	990	5 13	1474	19 8	1969	33 22
51	38 13	506	51 18	1030	6 22	1514	20 17	1998	34 12
142	40 50	557	52 46	1070	7 31	1565	21 45	2009	34 31
182	41 59	626	54 45	1161	10 8	1605	22 54	2038	35 21
193	42 18	637	55 4	1201	11 17	1645	24 3	2049	35 40
								2089	36 49
								2169	39 7
$96\frac{1}{2}$	4 39 31,5	546	4 52 27	$1071\frac{5}{6}$	5 7 34 $\frac{1}{6}$	$1544\frac{5}{7}$	5 21 9 $\frac{4}{7}$	$2034\frac{7}{8}$	5 35 15 $\frac{5}{8}$

2482	5 48′ 7″	2966	6 2′ 2″	3461	6 16′ 16″	3945	6 30′ 11″
2493	48 26	3006	3 11	3501	17 25	3956	30 30
2522	49 16	3017	3 30	3512	17 44	4025	32 29
2533	49 35	3057	4 39	3541	18 34	4036	32 48
2562	50 25	3068	4 58	3552	18 53	4076	33 57
2573	50 44	3097	5 48	3581	19 43	4087	34 16
2613	51 53	3108	6 7	3592	20 2	4127	35 25
2624	52 12	3148	7 16	3632	21 11	4156	36 15
2664	53 21	3188	8 25	3643	21 30	4167	36 34
		3199	8 44	3683	22 39	4207	37 43
$2562\frac{8}{9}$	5 50 26 $\frac{8}{9}$	3085,4	6 5 28	3569,8	6 19 23,7	4078,2	6 34 0,8

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72520492	Fehler
	h ′ ″	α	t′	t‴	h ′ ″	″
70	4 38 45,7816	39,7	21,56	23,15	4 38 45,7830	+0,0014
570	53 8,4054	34,9			53 8,3961	−0,0093
1070	5 7 31,0038	30,8	21,64	23,24	5 7 31,0068	+0,0030
1570	21 53,6140	27,2			21 53,6158	+0,0018
2070	36 16,2235	24,3	21,71	23,32	36 16,2236	+0,0001
2570	50 38,8239	21,7			50 38,8304	+0,0065
3070	6 5 1,4316	19,4	21,78	23,40	6 5 1,4366	+0,0050
3570	19 24,0450	17,4			19 24,0422	−0,0028
4070	33 46,6532	15,6	21,86	23,49	33 46,6476	−0,0056

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebs.	t′	t″	t‴	t⁽ⁱ⁾	t⁽ⁱⁱ⁾
	R	°	°	°	°	°
A.	11,815	21,67	22,16	23,04	21,52	23,11
E.	11,805	22,01	22,55	23,34	21,90	23,54
M.	11,810	21,84	22,355	23,19	21,71	23,325

Gemessene Länge . . . . . F — 1,0653
Temperatur von F = 22°,17 . + 0,1200
Toise, Temperatur = 22°,85 . 864,0642
Elasticität des Fadens . . . . . + 0,0042
Länge des Pendels . . . = F + 863,1231

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72520192 Uhrz. . . . . = 1″,7210244 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . 1305,^{L}6462 + 2,9619 ε
Reduction auf den leeren Raum . . . . . — 0, 1928 — 0,0005 ε — 0,1927 k
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0, 2385
——— auf F . . . . . — 863, 1231
Resultat des Versuchs . . . . . F = 442, 5688 + 2,9614 ε — 0,1927 k

II.

Reihe von Versuchen

mit der Kugel von Messing und drei verschiedenen Aufhängungsarten.

Digitized by Google

Vergleichung der beiden Uhren

		R	P
		h ′ ″	h ′ ″
1	März 30	20 15 43	20 15 43
2		21 8 0	21 8 42
3		22 0 30	22 1 11
4		23 45 0	23 45 39
5		0 38 0	0 38 38
6	April 1	1 30 0	1 30 37
7		2 22 30	2 23 6
8		20 47 30	20 47 45
9		21 41 0	21 41 14
10		0 18 30	0 18 41
11	2	1 10 30	1 10 40
12		2 57 0	2 57 8
13		3 49 0	3 49 7
14		4 42 0	4 42 6
15		6 26 0	6 26 4
16		20 30 0	20 29 48
17		21 23 0	21 22 47
18		22 15 0	22 14 46
19		23 7 30	23 7 15
20		0 0 30	0 0 14
21		0 53 0	0 52 43
22	3	1 46 0	1 45 42
23		2 38 0	2 37 41
24		3 29 30	3 29 10
25		4 21 30	4 21 9
26		5 15 0	5 14 38
27		19 12 0	19 11 22
28		20 4 0	20 3 21
29		22 42 30	22 41 48
30		23 34 30	23 33 47
31	4	1 18 30	1 17 45
32		2 11 0	2 10 14
33		5 39 30	5 38 40
34		6 31 0	6 30 9
35		20 27 30	20 26 23
36		21 21 30	21 20 22
37		23 56 0	23 54 49
38		0 50 0	0 48 48
39	5	3 25 0	3 23 45
40		5 58 0	5 56 42
41		6 49 30	6 48 11
42		20 46 30	20 44 55
43		21 39 30	21 37 54
44		0 15 30	0 13 51
45		1 7 0	1 5 20
46	6	3 42 30	3 40 47
47		6 17 0	6 15 14
48		7 9 30	7 7 43
49	8	20 58 0	20 55 2
50		21 50 30	21 47 31
51	April 8	22 43 0	22 40 0
52		23 34 30	23 31 29
53		0 26 0	0 23 58
54		1 18 30	1 15 27
55	9	3 2 0	2 58 55
56		3 53 30	3 50 24
57		5 40 30	5 37 22
58		20 42 30	20 39 5
59		21 36 0	21 32 34
60		23 22 0	23 18 32
61		0 15 0	0 11 31
62	10	20 21 0	20 17 8
63		21 13 30	21 9 37
64		23 51 0	23 47 4
65		0 43 0	0 39 3
66	11	1 35 0	1 31 2
67		2 28 0	2 24 1
68		5 2 30	4 58 28
69		7 38 30	7 34 25
70		8 29 30	8 25 24
71		19 54 0	19 49 41
72		20 49 0	20 44 40
73		21 42 30	21 38 9
74		23 28 0	23 23 37
75		0 20 0	0 15 36
76		1 13 0	1 8 35

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h	′	″
1 bis 5	März 31	22	29	52 31,4
4 – 7	April 1	1	4	52 21,0
8 – 11		23	0	52 29,1
11 – 15	2	3	49	52 34,5
16 – 21		22	41	52 30,3
20 – 26	3	2	38	52 17,1
27 – 30		21	23	52 35,3
31 – 34	4	3	55	52 5,8
35 – 38		22	39	52 14,1
37 – 41	5	3	25	51 33,6
42 – 45		22	58	52 0,9
44 – 48	6	3	43	51 43,2
49 – 54	8	23	9	52 0,9
54 – 57	9	3	28	52 21,9
58 – 61		22	29	53 6,0
62 – 65	10	22	32	52 25,6
66 – 70	11	5	3	51 47,4
71 – 76		22	35	53 1,1

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung			Tägliche Veränderung
	h ′	″		h ′	″
März 30	12 13	— 3,450	März 30	0 13	+ 0,303
31	12 13	— 3,147	April 2	21 22	+ 0,380
April 5	6 30	— 1,335	5	19 28	+ 0,508
6	8 26	— 0,786	7	9 58	+ 0,558
8	11 29	+ 0,400	8	21 49	+ 0,632
9	8 9	+ 0,944	9	20 49	+ 0,714
10	9 28	+ 1,696	10	21 26	+ 0,552
11	9 23	+ 2,246	11	19 30	+ 0,679
12	5 37	+ 2,818	12	18 30	+ 0,558
13	7 22	+ 3,417			

Hieraus und aus den Vergleichungen der beiden Uhren folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
IX. *a.*	März 31	22 10	52 32,7	+ 0,327	0,9975898
X. *a.*	April 1	0 56	52 21,5	+ 0,330	0,9975909
XI. *a.*	1	22 56	52 29,1	+ 0,355	0,9975904
IX. *b.*	2	3 54	52 34,5	+ 0,361	0,9975900
X. *b.*	2	22 31	52 30,3	+ 0,382	0,9975906
XI. *b.*	3	2 47	52 17,1	+ 0,390	0,9975921
IX. *c.*	3	21 24	52 35,3	+ 0,424	0,9975906
X. *c.*	4	3 59	52 5,8	+ 0,437	0,9975938
XI. *c.*	4	22 41	52 14,1	+ 0,470	0,9975933
IX. *d.*	5	3 27	51 33,6	+ 0,480	0,9975976
X. *d.*	5	23 0	52 0,9	+ 0,512	0,9975951
XI. *d.*	6	3 39	51 43,2	+ 0,519	0,9975970
IX. *e.*	8	23 12	52 0,9	+ 0,637	0,9975966
X. *e.*	9	3 37	52 21,9	+ 0,653	0,9975946
XI. *e.*	9	22 29	53 6,0	+ 0,703	0,9975908
IX. *f.*	10	22 31	52 25,6	+ 0,558	0,9975931
X. *f.*	11	5 3	51 47,4	+ 0,596	0,9975975
XI. *f.*	11	22 34	53 1,1	+ 0,663	0,9975908

Versuch IX. *a.* 1827 März 31. $22^h\ 10'$ Stz. Barometer 334,76 *L.* + 3°,9 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

36	21 11 41	505	21 25 10	974	21 38 39	1494	21 53 36	2032	22 9 4
65	12 31	574	27 9	1003	39 29	1523	54 26	2043	9 23
94	13 21	585	27 28	1014	39 48	1534	54 45	2072	10 13
134	14 30	614	28 18	1054	40 57	1563	55 35	2083	10 32
174	15 39	654	29 27	1083	41 47	1603	56 44	2101	11 3
203	16 29	694	30 36	1094	42 6	1643	57 53	2112	11 22
				1134	43 15	1683	59 2	2152	12 31
				1163	44 5			2181	13 21
117 2/3	21 14 1 5/6	604 1/3	21 28 1 1/3	1064 7/8	21 41 15 3/4	1577 1/7	21 56 0 1/7	2097	22 10 56 1/8

2501	22 22 33	2981	22 36 21	3501	22 51 18	3981	23 5 6
2512	22 52	2992	36 40	3541	52 27	3999	5 37
2541	23 42	3021	37 30	3570	53 17	4050	7 5
2552	24 1	3032	37 49	3581	53 36	4061	7 24
2581	24 51	3061	38 39	3621	54 45	4090	8 14
2592	25 10	3072	38 58	3650	55 35	4101	8 23
2621	26 0	3101	39 48	3661	55 54	4130	9 23
2632	26 19	3112	40 7	3701	57 3	4141	9 42
		3141	40 57			4159	10 13
		3181	42 6			4170	10 32
2566 1/2	22 24 26	3069 2/3	22 38 53 1/2	3603 1/4	22 54 14 3/8	4088 1/3	23 8 10,9

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1″,72496084	Fehler
	h ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
80	21 12 56,9594	40,4	3,83	3,91	21 12 56,9593	−0,0001
580	27 19,3595	35,0			27 19,3511	−0,0084
1080	41 41,8399	31,1	3,86	3,99	41 41,8403	+0,0004
1580	56 4,3321	27,4			56 4,3277	−0,0044
2080	22 10 26,8009	24,6	3,86	4,00	22 10 26,8136	+0,0127
2580	24 49,2868	22,1			24 49,2986	+0,0118
3080	39 11,7845	19,6	3,86	4,03	39 11,7826	−0,0019
3580	53 34,2699	17,6			53 34,2660	−0,0039
4080	23 7 56,7554	16,0	3,86	4,12	23 7 56,7489	−0,0065

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb. R	t'	t''	t'''	l'	l'''
	°	°	°	°	°	°
A.	13,520	3,92	3,94	4,13	3,83	3,91
E.	13,516	4,01	3,99	4,08	3,86	4,12
M.	13,518	3,965	3,965	4,105	3,845	4,015

Gemessene Länge	F — 1,2193
Temperatur von F = 3°,97	+ 0,0215
Toise, Temperatur = 4°,05	863,8791
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels ..	= F + 862,6855

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72496084 Uhrz ..... = 1″,7208033 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305\frac{L}{,}3107 + 2{,}9611\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-0{,}2025 - 0{,}0005\,\varepsilon - 0{,}0024\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... $+0{,}2258$
——— auf F ..... $-862{,}6855$
Resultat des Versuchs..... $F = 442{,}6485 + 2{,}9606\,\varepsilon - 0{,}0024\,k$

Versuch X. *a.* 1827 Apr. 1. $0^h\,56'$ Stz. Barometer 334,75 *L.* $+4°,7$ *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	23 57 2	480	0 10 50	1000	0 25 47	1480	0 39 35	2000	0 54 32
29	57 52	520	11 59	1040	26 56	1520	40 44	2040	55 41
40	58 11	560	13 8	1080	28 5	1560	51 53	2051	56 0
80	59 20	600	14 17	1120	29 14	1571	42 12	2120	57 59
120	0 0 29	640	15 26	1160	30 23	1640	44 11	2160	59 8
160	1 38	680	16 35	1171	30 42	1680	45 20	2200	1 0 17
$71\frac{1}{2}$	23 59 5 $\frac{1}{7}$	580	0 13 42 $\frac{1}{2}$	$1095\frac{1}{6}$	0 28 31 $\frac{1}{6}$	$1575\frac{1}{6}$	0 42 19 $\frac{1}{6}$	$2095\frac{1}{6}$	0 57 16 $\frac{1}{6}$

2480	1 8 20	2971	1 22 27	3520	1 38 14	3982	1 51 31
2491	8 39	3011	23 36	3531	38 33	4000	52 2
2520	9 29	3040	24 26	3571	39 42	4011	52 21
2571	10 57	3051	24 45	3600	40 32	4051	53 30
2600	11 47	3091	25 54	3611	40 51	4080	54 20
2640	12 56	3131	27 3	3640	41 41	4091	54 39
2651	13 15	3171	28 12	3651	42 0	4120	55 29
2680	14 5					4131	55 48
						4160	56 38
						4171	56 57
$2579\frac{1}{8}$	1 11 11	$3066\frac{3}{7}$	1 25 11 $\frac{6}{7}$	$3589\frac{1}{7}$	1 40 13 $\frac{8}{7}$	4079,7	1 54 19,5

Reducirte Mittel der Beobb.	Schwingungsweite μ	Temperatur t'	Temperatur t'''	Rechnung $1'',72499496$	Fehler
80 23 59 19,9958	39,9	4,00	4,34	25 59 19,9902	−0,0056
580 0 13 42,5000	34,8			0 13 42,4988	−0,0012
1080 28 5,0041	30,8	3,98	4,34	28 5,0046	+0,0005
1580 42 27,5042	27,4			42 27,5087	+0,0045
2080 56 50,0041	24,4	3,99	4,35	56 50,0114	+0,0073
2580 1 11 12,5091	21,9			1 11 12,5131	+0,0040
3080 25 35,0215	19,8	4,07	4,39	25 35,0143	−0,0072
3580 39 57,5142	17,9			39 57,5146	+0,0004
4080 54 20,0175	16,1	4,13	4,40	54 20,0146	−0,0029

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	ε'	ε''	ε'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	12,511	4,21	4,04	4,18	4,00	4,34
E.	12,515	4,30	4,29	4,37	4,14	4,40
M.	12,513	4,255	4,165	4,275	4,07	4,37

Gemessene Länge	F — 1,1287
Temperatur von F = 4°,22	+0,0228
Toise, Temperatur = 4,23	863,8808
Elastieität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels..	$= F$ + 862,7791

Beobachtete Schwingungszeit = $1'',72499496$ Uhrz. ..... = $1'',7208393$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305,^L3653 + 2,9612\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $- 0,2023 - 0,0005\,\varepsilon - 0,2022\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... $+ 0,2230$
——— auf F ..... $- 862,7791$
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,6069 + 2,9607\,\varepsilon - 0,2022\,k$

Versuch XI. *a.* 1827 Apr. 1. $22^h\ 56'$ Stz. Barometer 335,91 *L.* + 3°,6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 56 5	506	22 10 38	1041	22 26 1	1536	22 40 15	2031	22 54 29
11	56 24	546	11 47	1052	26 20	1587	41 43	2071	55 38
51	57 33	597	13 15	1092	27 29	1627	42 52	2082	55 57
102	59 1	637	14 24	1132	28 38	1667	44 1	2122	57 6
142	22 0 10	677	15 33	1172	29 47	1678	44 20	2162	58 15
182	9 19	728	17 1	1183	30 6			2173	58 34
								2213	59 43
$81\frac{1}{3}$	21 58 25$\frac{1}{3}$	$615\frac{1}{6}$	22 13 46$\frac{1}{3}$	1112	22 28 3$\frac{1}{2}$	1619	22 42 38$\frac{1}{3}$	2122	22 57 6

2526	23 8 43	3021	23 22 57	3516	23 37 11	4011	23 51 25
2537	9 2	3032	23 16	3556	38 20	4040	52 15
2566	9 52	3061	24 6	3567	38 39	4051	52 34
2577	10 11	3072	24 25	3596	39 29	4062	52 53
2617	11 20	3101	25 15	3607	39 48	4091	53 43
2657	12 29	3112	25 34	3647	40 57	4102	54 2
2668	12 48	3152	26 43	3658	41 16	4131	54 52
2708	13 57	3163	27 2	3687	42 6	4142	55 11
		3203	28 11	3698	42 25	4153	55 30
						4182	56 20
2607	23 11 2$\frac{3}{4}$	3101$\frac{4}{9}$	23 25 16$\frac{4}{9}$	3614$\frac{2}{3}$	23 40 1$\frac{2}{9}$	4096$\frac{1}{2}$	23 52 52$\frac{1}{2}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite	Temperatur		Rechnung 1″,72523916	Fehler
		a	*t'*	*t'''*		
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	21 58 57,5380	40,4	3,26	3,40	21 58 57,5367	−0,0013
600	22 13 20,1670	35,4			22 13 20,1676	+0,0006
1100	27 42,7970	31,1	3,30	3,47	27 42,7960	−0,0010
1600	42 5,4202	27,4			42 5,4223	+0,0021
2100	56 28,0444	24,4	3,33	3,53	56 28,0474	+0,0030
2600	23 10 50,6733	21,9			23 10 50,6715	−0,0018
3100	25 13,2968	19,6	3,36	3,59	25 13,2948	−0,0020
3600	39 35,9185	17,5			39 35,9175	−0,0010
4100	53 58,5384	15,9	3,37	3,66	53 58,5397	+0,0013

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	*a'*	*a''*	*a'''*	*t'*	*t'''*
	R	°	°	°	°	°
A.	13,793	3,44	3,50	3,45	3,25	3,38
E.	13,787	3,58	3,59	3,59	3,37	3,67
M.	13,790	3,51	3,545	3,52	3,31	3,525

Gemessene Länge	*F*—1,2439
Temperatur von *F*=3°, 53	+0,0191
Toise, Temperatur=3°, 53	863,8742
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels ...	=*F*+862,6536

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72523916 Uhrz. ..... = 1″,7210820 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305,^L7335 + 2,9620\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-0,2037 - 0,0005\,\varepsilon - 0,2036\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... $+0,2249$
——— auf *F* ..... $-862,6536$
Resultat des Versuchs ..... $E = 443,1011 + 2,9615\,\varepsilon - 0,2036\,k$

Versuch IX. *b*. 1827 Apr. 2. 3^h 54′ Stz. Barometer 335,80 *L*. + 3°,7 *C*.

	Beobachtete Coincidenzen	Schwingungsweite und Temperatur α	t′	t″	Rechnung 1″,00310339	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	3 0 35,5	13,8	3,64	3,67	3 0 35,4991	— 0,0009
642	11 19,5	12,9			11 19,5002	+ 0,0002
1284	22 3,5	12,05	3,70	3,67	22 3,5003	+ 0,0003
1926	32 47,5	11,3			32 47,4994	— 0,0006
2568	43 31,5	10,65	3,70	3,67	43 31,4978	— 0,0022
3212	54 17,5	10,0			54 17,5017	+ 0,0017
3855	4 5 2,5	9,35	3,70	3,67	4 5 2,5019	+ 0,0019
4498	15 47,5	8,8			15 47,5015	+ 0,0015
5141	26 32,5	8,25	3,70	3,67	26 32,5007	+ 0,0007
5784	37 17,5	7,8			37 17,4994	— 0,0006
6427	48 2,5	7,45	3,70	3,69	48 2,4979	— 0,0021

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t′	t″	t‴	t′	t″
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	14,013	3,73	3,74	3,69	3,59	3,67
Ende ...	14,014	3,82	3,74	3,79	3,70	3,67
Mittel ..	14,0135	3,775	3,74	3,74	3,645	3,67

Gemessene Länge	*F* — 1,2640
Temperatur von *F* = 3°,76	+ 0,0204
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 1,2422

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00310339 Uhrz. ..... = 1″,0006859 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. ..... $441,^L4149$ + 1,0014 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 0687 — 0,0002 ε — 0,0687 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0, 0548
——— auf *F* ..... + 1, 2422
Resultat des Versuchs ..... *F* = 442, 5336 + 1,0012 ε — 0,0687 *k*

Versuch X.*b*. 1827 Apr. 2. $22^h\ 31'$ Stz. Barometer 335,27 *L*. + 3°,2 *C*.

	Beobachtete Coincidenzen	Schwingungsweite und Temperatur s	t'	t''	Rechnung 1″,00311539	Fehler
	° ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
0	21 37 9,5	12,0	3,09	3,21	21 37 9,4992	— 0,0008
641	47 52,5	11,5			47 52,5026	+ 0,0026
1280	58 33,5	10,8	3,14	3,27	58 33,4992	— 0,0008
1920	22 9 15,5	10,05			22 9 15,4983	— 0,0017
2560	19 57,5	9,5	3,23	3,27	19 57,4968	— 0,0032
3202	30 41,5	8,9			30 41,5011	+ 0,0011
3843	41 24,5	8,3	3,28	3,29	41 24,5017	+ 0,0017
4484	52 7,5	7,8			52 7,5021	+ 0,0021
5125	23 2 50,5	7,3	3,31	3,32	23 2 50,5021	+ 0,0021
5765	13 32,5	6,9			13 32,4986	— 0,0014
6406	24 15,5	6,5	3,31	3,35	24 15,4981	— 0,0019

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels R	t' °	t'' °	t''' °	t' °	t'' °
Anfang.	13,501	3,25	3,25	3,35	3,03	3,21
Ende ...	13,448	3,44	3,45	3,50	3,31	3,41
Mittel ..	13,4745	3,345	3,35	3,425	3,17	3,31

Gemessene Länge ..... $= F -$ 1,2154
Temperatur von $F = 3°,35$ ..... + 0,0181
Elasticität des Fadens ..... + 0,0014
Länge des Pendels ..... $= F -$ 0,1959

Beobachtete Schwingungszeit = 1″, 00311539 Uhrz. ..... = 1″, 0006985 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $441,^L4260 + 1,0014\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $- 0,0688 - 0,0002\,\varepsilon - 0,0687\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... − 0, 0567
——— auf F ..... + 1, 1959
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,4964 + 1,0012\,\varepsilon - 0,0687\,k$

Versuch XI. *b*. 1827 Apr. 3. 2^h 47′ Stz. Barometer 335,03 *L*. + 3°,8 *C*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1,″00363856	Fehler
	h ′ ″	a	t′	t″	h ′ ″	″
0	2 0 55,5	12,75	3,59	3,67	2 0 55,5000	0,0000
548	10 5,5	11,8			10 5,5002	+ 0,0002
1096	19 15,5	11,0	3,64	3,67	19 15,4995	— 0,0005
1644	28 25,5	10,3			28 25,4981	— 0,0019
2193	37 36,5	9,8	3,64	3,67	37 36,4999	— 0,0001
2742	46 47,5	9,2			46 47,5013	+ 0,0013
3291	55 58,5	8,8	3,64	3,67	55 58,5023	+ 0,0023
3840	3 5 9,5	8,2			3 5 9,5030	+ 0,0030
4387	14 18,5	7,8	3,70	3,72	14 18,4961	— 0,0039
4937	23 30,5	7,4			23 30,4999	— 0,0001
5486	32 41,5	7,0	3,70	3,72	32 41,5003	+ 0,0003

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t′	t″	t‴	t′	t″
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	13,910	3,73	3,69	3,64	3,53	3,67
Ende ...	13,908	3,82	3,74	3,74	3,70	3,72
Mittel ..	13,909	3,775	3,715	3,69	3,615	3,695

Gemessene Länge ..... = *F* — 1,2546
Temperatur von *F* = 3°,75 ..... + 0,0203
Elasticität des Fadens ..... + 0,0014
Länge des Pendels ..... = *F* — 1,2329

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00363856 Uhrz. ..... = 1″,0012219 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $441,^{L}8879$ + 1,0024 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 0687 — 0,0002 ε — 0,0686 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0, 0548
——— auf *F* ..... + 1, 2329
Resultat des Versuchs ..... *F* = 442, 9973 + 1,0022 ε — 0,0686 *k*

Versuch IX. *c.* 1827 Apr. 3. $21^h\,24'$ Stz. Barometer 337,58 *L.* + 3°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	20 22 58	509	20 37 36	1018	20 52 14	1527	21 6 52	2047	21 21 49
69	24 57	549	38 45	1058	53 23	1567	8 1	2076	22 39
109	26 6	589	39 54	1098	54 32	1607	9 10	2087	22 58
149	27 15	618	40 44	1138	55 41	1647	10 19	2127	24 7
160	27 34	629	41 3	1178	56 50	1687	11 28	2156	24 57
189	28 24	669	42 12	1218	57 59	1727	12 27	2167	25 16
		698	43 2						
$112\frac{2}{3}$	20 26 $12\frac{1}{3}$	$608\frac{5}{7}$	20 40 28	1118	20 55 $6\frac{1}{2}$	1627	21 9 $44\frac{1}{2}$	2110	21 23 $37\frac{2}{3}$

2516	21 35 18	3025	21 49 56	3505	22 3 44	4014	22 18 22	
2556	36 27	3065	51 5	3534	4 34	4043	19 12	
2585	37 17	3105	52 14	3574	5 43	4054	19 31	
2596	37 36	3134	53 4	3585	6 2	4083	20 21	
2636	38 45	3145	53 23	3614	6 52	4094	20 40	
2665	39 35	3174	54 13	3625	7 11	4123	21 30	
2676	39 54	3185	54 32	3654	8 1	4134	21 49	
2705	40 44	3225	55 41	3665	8 20	4163	22 39	
				3694	9 10	4203	23 48	
						4214	24 7	
$2616\frac{7}{5}$	21 38 12	$3132\frac{1}{4}$	21 53 1	$3605\frac{5}{9}$	22 6 $37\frac{5}{9}$	4112,5	22 21 $11\frac{9}{10}$	

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite	Temperatur		Rechnung 1″,72495320	Fehler
	h ′ ″	μ	t′	t‴	h ′ ″	″
110	20 26 7,7334	37,7	3,26	3,49	20 26 7,7286	—0,0048
610	40 30,2178	33,6			40 30,2155	—0,0023
1110	54 52,7003	29,7	3,30	3,49	54 52,7004	+0,0001
1610	21 9 15,1756	26,2			21 9 15,1834	+0,0078
2110	23 37,6667	23,4	3,31	3,46	23 37,6650	—0,0017
2610	38 0,1409	20,8			38 0,1456	+0,0047
3110	52 22,6196	19,0	3,31	3,44	52 22,6257	+0,0061
3610	22 6 45,1109	17,0			22 6 45,1046	—0,0063
4110	21 7,5876	15,5	3,31	3,48	21 7,5834	—0,0042

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t′	t″	t‴	t′	t‴
	R	°	°	°	°	°
A.	13,654	3,48	3,55	3,59	3,25	3,49
E.	13,637	3,48	3,55	3,59	3,31	3,49
M.	13,6455	3,48	3,55	3,59	3,28	3,49

Gemessene Länge	*F*—1,2308
Temperatur von *F* = 3°,50 .	+0,0189
Toise, Temperatur = 3, 57 .	863,8842
Elasticität des Fadens.....	+0,0042
Länge des Pendels...	= *F* + 862,6765

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72495320 Uhrz. ..... = 1″,7207971 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. ..... $1305^L,3013 + 2,9611\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-0,2046 - 0,0005\,\varepsilon - 0,2046\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel..... + 0, 2258
——— auf *F* ..... — 862, 6765
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,6460 + 2,9606\,\varepsilon - 0,2046\,k$

Versuch X. *c.* 1827 Apr. 4. $3^h\,59'$ Stz. Barometer 338,05 *L.* + 4°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	2 57 59	531	3 13 15	1011	3 27 3	1520	3 41 41	2000	3 55 29
11	58 18	560	14 5	1051	28 12	1531	42 0	2011	55 48
80	3 0 17	571	14 24	1080	29 2	1571	43 9	2051	56 57
160	2 35	600	15 14	1131	30 30	1600	43 59	2080	57 47
171	2 54	669	17 13	1171	31 39	1611	44 18	2091	58 6
		680	17 32	1200	32 29	1651	45 27	2131	59 15
						1680	46 17	2160	4 0 5
								2171	0 24
$84\frac{2}{5}$	3 0 24 $\frac{3}{5}$	$601\frac{5}{6}$	3 15 17 $\frac{1}{6}$	$1107\frac{1}{3}$	3 29 49 $\frac{1}{6}$	$1594\frac{6}{7}$	3 43 50 $\frac{1}{7}$	$2086\frac{7}{8}$	3 57 58 $\frac{7}{8}$

2560	4 11 35	3040	4 25 23	3520	4 39 11	4000	4 52 59
2571	11 54	3051	25 42	3531	39 30	4011	53 18
2600	12 44	3080	26 32	3560	40 20	4040	54 8
2611	13 3	3091	26 51	3571	40 39	4051	54 27
2640	13 53	3120	27 41	3600	41 29	4080	55 17
2651	14 12	3131	28 0	3640	42 38	4120	56 26
		3160	28 50	3651	42 57	4131	56 45
		3200	29 59	3680	43 47	4160	57 35
						4200	58 44
$2605\frac{1}{2}$	4 12 53 $\frac{1}{2}$	$3109\frac{1}{8}$	4 27 22 $\frac{1}{9}$	$3594\frac{1}{8}$	4 41 18 $\frac{7}{9}$	$4088\frac{1}{9}$	4 55 31

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite α	Temperatur t'	Temperatur t'''	Rechnung 1″,72498868	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
90	3 0 34,2600	38,8	3,76	3,84	3 0 34,2553	−0,0047
590	14 56,7542	34,7			14 56,7607	+0,0065
1090	29 19,2667	30,5	3,85	3,88	29 19,2638	−0,0029
1590	43 41,7643	27,1			43 41,7650	+0,0007
2090	58 4,2656	24,2	3,86	3,89	58 4,2650	−0,0006
2590	4 12 26,7625	21,6			4 12 26,7638	+0,0013
3090	26 49,2594	19,4	3,85	3,90	26 49,2618	+0,0024
3590	41 11,7594	17,4			41 11,7591	−0,0003
4090	55 34,2583	15,8	3,82	3,93	55 34,2559	−0,0024

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t'	t''	t'''	t^I	t^{III}
	R	°	°	°	°	°
A.	12,695	3,92	3,79	3,70	3,75	3,83
E.	12,682	3,92	3,89	3,93	3,81	3,94
M.	12,6885	3,92	3,84	3,86	3,78	3,885

Gemessene Länge . . . . . F — 1,1445
Temperatur von F = 3°89 . + 0,0211
Toise, Temperatur = 3,85 . 863,8771
Elasticität des Fadens . . . . + 0,0042
Länge des Pendels . . = F + 862,7579

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72498868 Uhrz. . . . . = 1″,7208380 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . $1305{,}^L3623 + 2{,}9612\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum . . . . . $-\,0{,}2045 - 0{,}0005\,\varepsilon - 0{,}2045\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . $+\,0{,}2230$
——— auf F . . . . . $-\,862{,}7579$
Resultat des Versuchs . . . . . $F = 442{,}6229 + 2{,}9607\,\varepsilon - 0{,}2045\,k$

Versuch XI. *c.* 1827 Apr. 4. $22^h\,41'$ Stz. Barometer 340,02 *L.* + 4°,6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 39 13	506	21 53 46	1041	22 9 9	1536	22 23 23	2031	22 37 37
11	39 32	546	54 55	1132	11 46	1547	23 42	2111	39 55
51	40 41	557	55 14	1172	12 55	1576	24 32	2122	40 14
131	42 59	597	56 23	1183	13 14	1587	24 51	2162	41 23
142	43 18	626	57 13			1616	25 41	2173	41 42
182	44 27	637	57 32			1627	26 0	2213	42 51
		677	58 41			1667	27 9		
						1678	27 28		
$86\frac{1}{6}$	22 41 41$\frac{2}{3}$	$592\frac{2}{7}$	21 56 14$\frac{6}{7}$	1132	22 11 46	$1604\frac{1}{4}$	22 25 20$\frac{3}{4}$	$2135\frac{1}{3}$	21 40 37

2526	22 51 51	3021	23 6 5	3516	23 20 19	4040	23 35 23
2566	53 0	3050	6 55	3556	21 28	4051	35 42
2606	54 9	3061	7 14	3567	21 47	4091	36 51
2617	54 28	3101	8 23	3596	22 37	4102	37 10
2657	55 37	3112	8 42	3607	22 56	4131	38 0
2668	55 56	3152	9 51	3647	24 5	4171	39 9
2708	57 5	3163	10 10	3658	24 24	4182	39 28
		3192	11 0	3676	24 55	4193	39 47
$2621\frac{1}{7}$	22 54 35$\frac{1}{7}$	$3106\frac{1}{2}$	23 8 32$\frac{1}{2}$	$3602\frac{7}{8}$	23 22 48$\frac{7}{8}$	$4120\frac{1}{8}$	23 37 41$\frac{1}{8}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung $1'',72523854$	Fehler
100	21 42 5,5327	38,4	4,03	4,34	21 42 5,5346	+0,0019
600	56 28,1662	33,9			56 28,1643	−0,0019
1100	22 10 50,7920	29,9	4,10	4,35	22 10 50,7917	−0,0003
1600	25 13,4177	26,6			25 13,4175	−0,0002
2100	39 36,0412	23,6	4,13	4,37	39 36,0420	+0,0008
2600	53 58,6662	21,2			53 58,6654	−0,0008
3100	23 8 21,2859	19,0	4,17	4,37	23 8 21,2881	+0,0022
3600	22 43,9149	17,2			22 43,9103	−0,0046
4100	37 6,5293	15,5	4,23	4,39	37 6,5321	+0,0028

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	s'	s''	s'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	13,907	4,21	4,09	4,18	3,97	4,34
E.	13,899	4,30	4,33	4,37	4,25	4,40
M.	13,903	4,255	4,21	4,275	4,11	4,37

Gemessene Länge	F — 1,2541
Temperatur von F = 4°,20 .	+ 0,0227
Toise, Temperatur = 4, 25 .	863,8810
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels...	= F + 862,6538

Beobachtete Schwingungszeit = $1'',72523854$ Uhrz..... = $1'',7210864$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305,^L7402 + 2,9620\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum..... $- 0,2055 - 0,0005\,\varepsilon - 0,2055\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0,2249
——— auf F..... − 862,6538
Resultat des Versuchs..... $F = 443,1058 + 2,9615\,\varepsilon - 0,2055\,k$

Versuch IX. *d.* 1827 Apr. 5. $3^h 27'$ Stz. Barometer 341,05 *L.* $+5°,7$ *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	2 25 55	509	2 40 33	989	2 54 21	1498	3 8 59	2007	3 23 37
11	26 14	520	40 52	1029	55 30	1527	9 49	2036	24 27
51	27 23	560	42 1	1069	56 39	1538	10 8	2047	24 46
91	28 32	600	43 10	1098	57 29	1578	11 17	2087	25 55
120	29 22	629	44 0	1109	57 48	1607	12 7	2098	26 14
160	30 31	640	44 19	1138	58 38	1618	12 26	2116	26 45
		669	45 9	1178	59 47	1647	13 16	2127	27 4
		680	45 28			1658	13 35	2167	28 13
$72\frac{1}{6}$	2 27 59 $\frac{1}{2}$	$600\frac{7}{8}$	2 43 11 $\frac{1}{2}$	$1087\frac{1}{7}$	2 57 10 $\frac{2}{5}$	$1583\frac{7}{8}$	3 11 27 $\frac{1}{8}$	$2085\frac{5}{8}$	3 25 52 $\frac{3}{8}$

2516	3 38 15	3014	3 52 34	3494	4 6 22	3902	1 20 41	
2545	39 5	3054	53 43	3523	7 12	4003	21 0	
2556	39 24	3065	54 2	3534	7 31	4032	21 50	
2596	40 33	3094	54 52	3563	8 21	4043	22 9	
2625	41 23	3105	55 11	3574	8 40	4072	22 59	
2665	42 32	3134	56 1	3603	9 30	4083	23 18	
2676	42 51	3145	56 20	3614	9 49	4152	25 17	
2705	43 41	3214	58 19	3643	10 39	4163	25 36	
				3654	10 58			
				3683	11 48			
$2610\frac{1}{2}$	3 40 58	$3103\frac{1}{8}$	3 55 7 $\frac{3}{4}$	$3588\frac{1}{2}$	4 9 5	$4067\frac{1}{2}$	4 22 51 $\frac{1}{4}$	

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur α	t'	t'''	Rechnung $1'',7249958$	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
80	2 28 13,0121	39,3	4,58	5,11	2 28 13,0093	−0,0028
580	42 35,4917	34,6			42 35,4899	−0,0018
1080	56 57,9646	30,6	4,58	4,98	56 57,9679	+0,0033
1580	3 11 20,4408	27,0			3 11 20,4439	+0,0031
2080	25 42,9222	24,2	4,55	4,97	25 42,9184	−0,0038
2580	40 5,3890	21,5			40 5,3918	+0,0028
3080	54 27,8605	19,5	4,55	5,02	54 27,8644	+0,0039
3580	4 8 50,3379	17,5			4 8 50,3365	−0,0014
4080	23 12,8119	15,9	4,63	5,17	23 12,8085	−0,0034

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	13,853	4,59	4,58	4,71	4,58	5,14
E.	13,860	4,69	4,73	5,01	4,64	5,20
M.	13,8565	4,64	4,655	4,86	4,61	5,17

Gemessene Länge	F — 1,2498
Temperatur von $F = 4°,65$	+0,0251
Toise, Temperatur = 4,78	863,8863
Elasticität des Fadens	+0,8142
Länge des Pendels..	$= F$ + 862,6657

Beobachtete Schwingungszeit = $1'',72493958$ Uhrz. ..... = $1'',7207956$ MZ.
Entspreehende Länge des einfaehen Pendels ..... $1305^L,2990 + 2,9611\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $- 0,2057 - 0,0005\,\varepsilon - 0,2056\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... $+ 0,2258$
——— auf F ..... $- 862,6657$
Resultat des Versuehs ..... $F = 442,6534 + 2,9606\,\varepsilon - 0,2056\,k$

Versuch X. *d.* 1827 Apr. 5. $23^h\ 0'$ Stz. Barometer 313,20 *L.* + 4°,8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 58 26	509	22 13 4	978	22 26 33	1487	22 41 11	1966	22 55 49
40	59 35	549	14 13	1018	27 42	1498	41 30	2036	56 58
69	22 0 25	589	15 22	1058	28 51	1527	42 20	2076	58 7
80	0 44	618	16 12	1087	29 41	1567	43 29	2105	58 57
120	1 53	629	16 31	1098	30 0	1607	44 38	2116	59 16
149	2 43	658	17 21	1138	31 9	1676	46 37	2145	23 0 6
160	3 2	709	18 49	1167	31 59			2156	0 25
								2185	1 15
88 $\frac{8}{9}$	22 0 58 $\frac{8}{9}$	608 $\frac{5}{9}$	22 15 56	1077 $\frac{5}{9}$	22 29 25	1560 $\frac{1}{8}$	22 43 17 $\frac{1}{2}$	2101 $\frac{7}{8}$	22 58 51 $\frac{5}{8}$

2465	23 9 18	2974	23 23 56	3472	23 38 15	3981	23 52 53
2505	10 27	3014	25 5	3483	38 34	3992	53 12
2516	10 46	3043	25 55	3523	39 43	4021	54 2
2545	11 36	3054	26 14	3534	40 2	4032	54 21
2585	12 45	3094	27 23	3552	40 33	4061	55 11
2614	13 35	3134	28 32	3563	40 52	4072	55 30
2625	13 54	3163	29 22	3603	42 1	4101	56 20
2694	15 53	3174	29 41	3632	42 51	4112	56 39
2705	16 12			3643	43 10	4141	57 29
				3712	45 9	4152	57 48
2583 $\frac{7}{9}$	23 12 42 $\frac{4}{9}$	3081 $\frac{1}{4}$	23 27 1	3571,7	23 41 7	4066 $\frac{1}{2}$	23 55 20 $\frac{1}{2}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,7249302	Fehler
		n	t′	t‴		
90	22 1 1,2428	38,0	4,36	4,80	21 1 1,2395	—0,0033
590	15 23,7188	33,2			15 23,7191	+0,0003
1090	29 46,1922	29,5	4,36	4,80	29 46,1964	+0,0042
1590	44 8,6745	26,2			44 8,6720	—0,0025
2090	58 31,1412	23,4	4,39	4,83	58 31,1464	+0,0052
2590	23 12 53,6219	20,8			23 12 53,6199	—0,0020
3090	27 16,0933	18,8	4,42	4,87	27 16,0927	—0,0006
3590	41 38,5666	16,9			41 38,5649	—0,0017
4090	56 1,0364	15,3	4,42	4,90	56 1,0368	+0,0004

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	t′	t″	t‴	t′	t‴
	R					
A.	13,536	4,49	4,53	4,66	4,36	4,80
E.	13,535	4,59	4,73	4,81	4,42	4,91
M.	13,5355	4,54	4,63	4,735	4,39	4,855

Gemessene Länge ..... *F* —1,2209
Temperatur von *F* = 4°,57 . +0,0247
Toise, Temperatur = 4,69 . 863,8854
Elasticität des Fadens..... +0,0042
Länge des Pendels... = *F* +862,6934

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,7249302 Uhrz. ..... = 1″,7207907 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. ..... $1305^L,2916 + 2,9611\ \varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... $-0,2071 - 0,0005\ \varepsilon - 0,2071\ k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel..... + 0,2230
——— auf *F* ..... — 862,6934
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,6141 + 2,9606\ \varepsilon - 0,2071\ k$

Versuch XI. *d.* 1827 Apr. 6. $3^h\,39'$ Stz. Barometer 343,19 *L.* + 6°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	2 36 38	495	2 50 52	1030	3 6 15	1525	3 20 29	2020	3 34 43
40	37 47	535	52 1	1041	6 34	1536	20 48	2031	35 2
51	38 8	546	52 20	1081	7 43	1576	21 57	2071	36 11
91	39 15	586	53 29	1132	9 11	1616	23 6	2111	37 20
171	41 33	666	55 47	1172	10 20	1667	24 34	2151	38 29
182	41 52	677	56 6	1212	11 29	1707	25 43	2162	38 48
89 1/6	2 39 11 5/6	584 1/6	2 53 25 5/6	1111 1/3	3 8 35 1/3	1604 1/2	3 22 46 1/6	2091	3 36 45 1/2

2515	3 48 57	3010	4 3 11	3505	4 17 25	4000	4 31 39	
2555	50 6	3021	3 30	3516	17 44	4011	31 58	
2566	50 25	3050	4 20	3545	18 34	4029	32 29	
2606	51 34	3061	4 39	3556	18 53	4040	32 48	
2646	52 43	3090	5 29	3585	19 43	4051	33 7	
2657	53 2	3101	5 48	3596	20 2	4080	33 57	
2686	53 52	3141	6 57	3636	21 11	4091	34 16	
2697	54 11	3152	7 16	3647	21 30	4131	35 25	
		3192	8 25	3676	22 20	4160	35 15	
				3687	22 39	4171	36 34	
2616	3 51 51 1/3	3090 5/9	4 5 30 5/9	3594,9	4 20 0,1	4076 2/3	4 33 50 1/3	

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1″,72523878	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	2 39 20,5235	37,9	4,97	5,64	2 39 20,5220	—0,0015
600	53 53,1498	33,2			53 53,1514	+0,0016
1100	3 8 15,7805	29,4	4,97	5,61	3 8 15,7784	—0,0021
1600	22 38,4031	26,0			22 38,4037	+0,0006
2100	37 1,0273	23,3	4,97	5,63	37 1,0278	+0,0005
2600	51 23,6460	20,8			51 23,6509	+0,0049
3100	4 5 46,2745	18,7	4,98	5,68	4 5 46,2733	—0,0012
3600	20 8,8988	16,9			20 8,8953	—0,0036
4100	34 31,5159	15,3	5,02	5,76	34 31,5168	+0,0009

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t'	t''	t'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	14,082	4,97	4,98	5,30	4,97	5,65
E.	14,085	5,12	5,18	5,55	5,08	5,77
M.	14,0835	5,045	5,08	5,425	4,995	5,71

Gemessene Länge ..... F—1,2703
Temperatur von F = 5°,06 . +0,0274
Toise, Temperatur = 5°,28 . 863,8913
Elasticität des Fadens ..... + 0,0042
Länge des Pendels ... = F + 862,6525

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72523878 Uhrz. ..... = 1″,7210930 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 1305,7502 + 2,9621 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,2067 — 0,0005 ε — 0,2066 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0,2249
——— auf F ..... — 862,6525
Resultat des Versuchs ..... F = 442,1159 + 2,9616 ε — 0,2066 *k*

Versuch IX. *e.* 1827 Apr. 8. $23^h\ 12'$ Stz. Barometer 342,25 *L.* + 8°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,00311441	Fehler
	h ′ ″	u	t′	t″	h ′ ″	″
0	22 15 1,5	11,8	6,79	7,20	22 15 1,4999	— 0,0001
640	25 43,5	11,0			25 43,4991	— 0,0009
1281	36 26,5	10,3	6,79	7,22	36 26,5007	+ 0,0007
1922	47 9,5	9,7			47 9,5016	+ 0,0016
2563	57 52,5	9,1	6,85	7,25	47 52,5020	+ 0,0020
3203	23 8 34,5	8,5			23 8 34,4989	— 0,0011
3844	19 17,5	8,0	6,93	7,25	19 17,4986	— 0,0014
4485	30 0,5	7,6			30 0,4980	— 0,0020
5126	40 43,5	7,2	7,01	7,31	40 43,4972	— 0,0028
5769	51 28,5	6,7			51 28,5025	+ 0,0025
6410	0 2 11,5	6,3	7,07	7,37	0 2 11,5013	+ 0,0013

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	s′	s″	s‴	t′	t″
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	14,045	6,88	7,11	7,51	6,74	7,20
Ende ...	14,039	7,08	7,30	7,51	7,03	7,37
Mittel..	14,042	6,98	7,205	7,61	6,885	7,285

Gemessene Länge	$= F$ — 1,2666
Temperatur von $F = 7°,06$	+ 0,0382
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F$ — 1,2270

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00311441 Uhrz..... = 1″,0007035 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels..... $441,^L4304 + 1,0014\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,0692 — $0,0002\,\varepsilon$ — $0,0692\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0548
——— auf F ..... + 1,2270
Resultat des Versuchs..... $F = 442,5334 + 1,0012\,\varepsilon - 0,0692\,k$

Versuch X. *e.* 1827 Apr. 9. $3^h\,37'$ Stz. Barometer 341,91 *L.* $+9^\circ,9$ *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t''	Rechnung 1″,00315620	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	2 40 52,5	11,3	7,62	8,22	2 40 52,5038	+ 0,0038
631	51 25,5	10,7			51 25,5013	+ 0,0013
1262	3 1 58,5	10,0	7,67	8,22	3 1 58,4982	— 0,0018
1894	12 32,5	9,3			12 32,4976	— 0,0024
2526	23 6,5	8,8	7,67	8,25	23 6,4965	— 0,0035
3159	33 41,5	8,3			33 41,4982	— 0,0018
3793	44 17,5	7,8	7,73	8,28	44 17,5027	+ 0,0027
4425	54 51,5	7,4			54 51,5005	+ 0,0005
5058	4 5 26,5	6,9	7,73	8,28	4 5 26,5012	+ 0,0012
5690	16 0,5	6,5			16 0,4985	— 0,0015
6324	26 36,5	6,0	7,79	8,34	26 36,5019	+ 0,0019

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	13,344	7,56	7,85	8,30	7,51	7,94
Ende ...	13,336	7,76	8,29	9,20	7,79	8,37
Mittel ..	13,340	7,66	8,07	8,75	7,65	8,155

Gemessene Länge	F — 1,2033
Temperatur von $F = 7^\circ,80$	+ 0,0422
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F$ — 1,1597

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00315620 Uhrz. ..... = 1″,0007433 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... 441,4656 + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,0689 — 0,0002 ε — 0,0689 k
——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... — 0,0566
——— auf F ..... + 1,1597
Resultat des Versuchs ..... $F = 442,4998 + 1,0013\,\varepsilon - 0,0689\,k$

Versuch XI. *e.* 1827 Apr. 9. $22^h\ 29'$ Stz. Barometer 340,38 *L.* $+ 9°,2$ *C*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur n	t'	t''	Rechnung $1,''00362321$	Fehler
	h ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
0	21 39 24,5	13,4	7,90	8,45	21 39 24,4985	— 0,0015
550	48 36,5	12,7			48 36,4980	— 0,0020
1101	57 49,5	12,0	7,90	8,45	57 49,5004	+ 0,0004
1652	22 7 2,5	11,3			22 7 2,5020	+ 0,0020
2202	16 14,5	10,7	7,90	8,45	16 14,4995	— 0,0005
2753	25 27,5	10,1			25 27,5000	0,0000
3304	34 40,5	9,6	7,90	8,45	34 40,5010	+ 0,0010
3856	43 54,5	9,0			43 54,5032	+ 0,0032
4407	53 7,5	8,6	7,90	8,45	53 7,5025	+ 0,0025
4957	23 2 19,5	8,1			23 2 19,4979	— 0,0021
5508	11 32,5	7,7	7,95	8,51	11 32,4966	— 0,0034

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels n	θ' °	θ'' °	θ''' °	t' °	t'' °
Anfang.	14,340	8,00	8,44	8,90	7,86	8,45
Ende ...	14,335	8,20	8,63	9,10	8,12	8,74
Mittel ..	14,3375	8,10	8,535	9,00	7,99	8,595

Gemessene Länge	$= F -$ 1,2933
Temperatur von $F = 8°,25$	+ 0,0447
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F -$ 1,2472

Beobachtete Schwingungszeit $= 1'',00362321$ Uhrz.	$= 1'',0012053$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	$441,^L8733 + 1,0024\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum	$- 0,0686 - 0,0002\varepsilon - 0,0686k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel	− 0,0548
——— auf F	+ 1,2472
Resultat des Versuchs	$F = 442,9971 + 1,0022\varepsilon - 0,0686k$

Versuch IX. *f.* 1827 Apr. 10. $22^h\,31'$ Stz. Barometer 338,67 *L.* + 10,°6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 h 26 ′ 49 ″	480	21 h 40 ′ 37 ″	1000	21 h 55 ′ 34 ″	1480	22 h 9 ′ 22 ″	2000	22 h 24 ′ 19 ″
40	27 58	491	40 56	1040	56 43	1491	9 41	2011	24 38
80	29 7	560	42 55	1051	57 2	1520	10 31	2080	26 37
120	30 16	600	44 4	1120	59 1	1531	10 50	2091	26 56
160	31 25	640	45 13	1131	59 20	1571	11 59	2160	28 55
171	31 44	651	45 32	1171	22 0 29	1600	12 49	2171	29 14
		680	46 22			1680	15 7		
$95\frac{1}{6}$	21 29 $33\frac{1}{6}$	586	21 43 $39\frac{5}{7}$	$1085\frac{1}{2}$	21 58 $1\frac{1}{2}$	$1553\frac{2}{7}$	22 11 $28\frac{3}{7}$	$2085\frac{1}{2}$	22 26 $46\frac{1}{2}$

2520	22 h 39 ′ 16 ″	3000	22 h 53 ′ 4 ″	3480	23 h 6 ′ 52 ″	4000	23 h 21 ′ 49 ″
2560	40 25	3040	54 13	3520	8 1	4011	22 8
2571	40 44	3051	54 32	3531	8 20	4040	22 58
2640	42 43	3080	55 22	3560	9 10	4080	24 7
2651	43 2	3120	56 31	3571	9 29	4091	24 26
2680	43 52	3131	56 50	3600	10 19	4120	25 16
		3160	57 40	3611	10 38	4131	25 35
		3200	58 49	3640	11 28	4160	26 25
				3680	12 37	4171	26 44
				3691	12 56	4200	27 34
$2603\frac{2}{3}$	22 41 $40\frac{1}{3}$	$3097\frac{3}{4}$	22 55 $52\frac{5}{8}$	$3588\frac{2}{5}$	23 9 59	$4100\frac{4}{5}$	23 24 $42\frac{3}{5}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72498954.	Fehler
	h ′ ″	μ	t′	t‴	h ′ ″	″
90	21 29 24,2542	39,5	8,60	9,84	21 29 24,2517	−0,0025
590	43 46,7571	34,7			43 46,7575	+0,0004
1090	58 9,2625	30,7	8,66	9,87	58 9,2608	−0,0017
1590	22 12 31,7607	27,3			22 12 31,7625	+0,0018
2090	26 54,2625	24,3	8,69	9,91	26 54,2628	+0,0003
2590	41 16,7583	21,6			41 16,7621	+0,0038
3090	55 39,2562	19,4	8,72	9,95	55 39,2604	+0,0042
3590	23 10 1,7600	17,5			23 10 1,7583	−0,0017
4090	24 24,2600	15,8	8,72	9,98	24 24,7557	−0,0043

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	t′	t″	t‴	t′	t‴
	R	°	°	°	°	°
A.	13,845	8,65	9,22	9,70	8,58	9,82
E.	13,841	8,75	9,24	9,84	8,72	9,99
M.	13,843	8,70	9,32	9,77	8,65	9,905

Gemessene Länge	*F* — 1,2486
Temperatur von *F* = 8°,92 .	+ 0,0483
Toise, Temperatur = 9°,59 .	863,9336
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels . . .	= *F* + 862,7375

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72498954 Uhrz. . . . . = 1″,7208377 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels . . . . . 1305,^{L}3629 + 2,9612 *s*
Reduction auf den leeren Raum . . . . . — 0, 2011 — 0,0005 *s* — 0,2010 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel . . . . . + 0, 2258
——— auf *F* . . . . . — 862, 7375
Resultat des Versuchs . . . . . *F* = 442, 6501 + 2,9607 *s* — 0,2010 *k*

Versuch X. *f.* 1827 Apr. 11. 5^h 3′ Stz. Barometer 338,57 *L.* + 12°,4 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	3 57 54	571	4 14 19	1033	4 27 36	1524	4 41 43	2015	4 55 50
40	59 3	582	14 38	1073	28 45	1535	42 2	2055	56 59
51	59 22	622	15 47	1113	29 54	1564	42 52	2095	58 8
80	4 0 12	662	16 56	1153	31 3	1644	45 10	2135	59 17
120	1 21	713	18 24	1193	32 12	1684	46 19	2175	5 0 26
200	3 39			1233	33 21	1724	47 28	2215	1 35
81 $\frac{6}{6}$	4 0 15 $\frac{1}{6}$	630	4 16 0 $\frac{5}{5}$	1133	4 30 28 $\frac{1}{2}$	1612 $\frac{1}{2}$	4 44 15 $\frac{2}{1}$	2115	4 58 42 $\frac{1}{2}$

2546	5 11 6	3037	5 25 13	3528	5 39 20	4019	5 53 27
2586	12 15	3048	25 32	3568	40 29	4030	53 46
2626	13 24	3077	26 22	3579	40 48	4059	54 36
2666	14 33	3088	26 41	3608	41 38	4099	55 45
2677	14 52	3117	27 31	3648	42 47	4110	56 4
2706	15 42	3128	27 50	3659	43 6	4139	56 54
2717	16 1	3168	28 59	3688	43 56	4179	58 3
		3197	29 49	3699	44 15	4190	58 22
		3208	30 8	3728	45 5	4230	59 31
				3739	45 24	4241	59 50
2646 $\frac{8}{7}$	5 13 59	3118 $\frac{8}{8}$	5 27 33 $\frac{8}{8}$	3644 $\frac{2}{2}$	5 42 40 $\frac{3}{3}$	4129 $\frac{3}{3}$	5 56 37 $\frac{3}{3}$

Reducirte Mittel der Beobb.	Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung $1''{,}72504604$	Fehler
120 4 1 21,0064	39,0	9,95	11,67	4 1 21,0096	+0,0032
620 15 43,5494	33,9			15 43,5430	−0,0064
1120 30 5,0742	30,2	9,98	11,74	30 5,0740	−0,0002
1620 44 28,6046	26,6			44 28,6033	−0,0013
2120 58 51,1253	23,7	10,02	11,81	58 51,1313	+0,0060
2620 5 13 13,6556	21,2			5 13 13,6585	+0,0029
3120 27 36,1890	19,1	10,06	11,89	27 36,1850	−0,0040
3620 41 58,7086	17,2			41 58,7111	+0,0025
4120 56 21,2394	15,4	10,09	11,97	56 21,2368	−0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhrb.	t'	t''	t'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	12,765	10,13	10,79	11,62	9,94	11,65
E.	12,745	10,22	10,93	11,71	10,10	11,99
M.	12,755	10,175	10,86	11,665	10,02	11,82

Gemessene Länge	F — 1,1505
Temperatur von F = 10°,41 .	+ 0,0564
Toise, Temperatur = 11,34 .	863,9508
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels ..	= F + 862,8609

Beobachtete Schwingungszeit = $1''{,}72504604$ Uhrz. ..... = $1''{,}7209016$ MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305{,}^{L}4598 + 2{,}9615\,\varepsilon$

Reduction auf den leeren Raum ..... — 0, 2000 — 0,0005 ε — 0,2000 k

——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0, 2231

——— auf F ..... — 862, 8609

Resultat des Versuchs ..... F = 442, 6220 + 2,9610 ε — 0,2000 k

Versuch XI, *f.* 1827 Apr. 11. $22^h\,34'$ Stz. Barometer 339,20 *L.* + 11°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 28 55″	568	21 45 15″	1034	21 58 39″	1540	22 13 12″	2006	22 26 36″
11	29 14	659	47 52	1074	59 48	1591	14 40	2046	27 45
51	30 23	699	49 1	1125	22 1 16	1631	15 49	2057	28 4
102	31 51	710	49 20	1165	2 25	1642	16 8	2097	29 13
193	34 28			1176	2 44	1682	17 17	2108	29 32
244	35 56			1216	3 53	1733	18 45	2148	30 41
								2188	31 50
								2228	32 59
$100\frac{1}{6}$	21 31 47$\frac{5}{6}$	659	21 47 52	$1131\frac{2}{3}$	22 1 27$\frac{1}{2}$	$1636\frac{1}{2}$	22 15 58$\frac{1}{2}$	$2109\frac{3}{4}$	22 29 35

2523	22 41 28″	3029	22 56 1″	3524	23 10 15″	4041	23 25 7″		
2563	42 37	3069	57 10	3535	10 34	4052	25 26		
2574	42 56	3080	57 29	3575	11 43	4081	26 16		
2603	43 46	3109	58 19	3586	12 2	4092	26 35		
2614	44 5	3120	58 38	3626	13 11	4121	27 25		
2654	45 14	3160	59 47	3637	13 30	4132	27 44		
2694	46 23	3171	23 0 6	3677	14 39	4143	28 3		
2705	46 42	3211	1 15	3688	14 58	4154	28 22		
				3717	15 48	4183	29 12		
				3728	16 7	4223	30 21		
$2616\frac{1}{4}$	22 44 8$\frac{7}{4}$	$3118\frac{5}{8}$	22 58 35$\frac{5}{8}$	3629,3	23 13 16,7	$4122\frac{1}{3}$	23 27 27,1		

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1″,72530263	Fehler
120	21 32 22,0520	39,6	9,67	11,08	21 32 22,0509	−0,0011
620	46 44,7128	34,1			46 44,7131	+0,0003
1120	22 1 7,3714	30,3	9,73	11,08	22 1 7,3728	+0,0014
1620	15 30,0323	26,8			15 30,0309	−0,0014
2120	29 52,6845	23,8	9,77	11,08	29 52,6875	+0,0030
2620	44 15,3449	21,3			44 15,3431	−0,0018
3120	58 37,9973	19,1	9,77	11,10	58 37,9979	+0,0006
3620	23 13 0,6546	17,1			23 13 0,6521	−0,0025
4120	27 23,3043	15,5	9,78	11,12	27 23,3058	+0,0015

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	ε'	ε''	ε'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	13,998	9,73	10,30	10,88	9,61	11,08
E.	13,964	9,88	10,40	10,98	9,79	11,13
M.	13,981	9,805	10,35	10,93	9,70	11,105

Gemessene Länge	*F*—1,2611
Temperatur von *F* = 10°,00	+0,0541
Toise, Temperatur = 10°,69	863,9444
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels ..	= *F* + 862,7416

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72530263 Uhrz ..... = 1″,7211460 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels ..... $1305\frac{L}{}$,8307 + 2,9623 ε

Reduction auf den leeren Raum ..... — 0,2007 — 0,0005 ε — 0,2007 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel ..... + 0,2249

——— auf *F* ..... — 862,7416

Resultat des Versuchs ..... *F* = 442,1133 + 2,9618 ε — 0,2007 *k*

III.

Reihe von Versuchen

mit der Kugel von Elfenbein und zwei verschiedenen Aufhängungsarten.

Digitized by Google

Vergleichung der beiden Uhren

			R	P
			h ′ ″	h ′ ″
1	Nvb.	6	10 39 0	10 39 7
2			12 13 30	12 13 35
3			14 32 0	14 32 2
4		7	17 38 0	17 37 58
5			18 25 0	18 24 57
6			19 12 30	19 12 26
7			19 59 30	19 59 25
8			21 37 0	21 36 53
9			14 39 30	14 39 2
10		8	15 28 0	15 27 31
11			16 16 30	16 16 0
12			17 4 30	17 3 59
13			17 53 0	17 52 28
14			18 40 30	18 39 57
15			19 29 30	19 28 56
16			20 17 30	20 16 55
17			14 17 0	14 16 2
18			15 5 30	15 4 31
19		9	15 54 0	15 53 0
20			16 43 30	16 42 29
21			17 32 30	17 31 28
22			18 21 30	18 20 27
23			19 10 0	19 8 56
24			10 42 30	10 41 7
25			11 31 0	11 29 36
26			12 20 30	12 19 5
27			13 8 30	13 17 4
28			13 58 30	13 57 3
29			14 46 30	14 45 2
30		10	15 35 0	15 33 31
31			16 24 30	16 23 0
32			17 12 30	17 10 59
33			10 41 30	10 39 37
34			11 29 30	11 27 36
35			12 17 0	12 15 5
36			13 4 30	13 2 34
37			13 52 30	13 50 33
38			14 40 30	14 38 32
39		11	15 29 0	15 27 1
40			17 53 30	17 51 28
41			18 41 30	18 39 27
42			19 30 30	19 28 26
43			20 18 30	20 16 25
44			21 7 0	21 4 54
45			11 34 30	11 32 6
46			12 21 0	12 18 35
47			14 41 0	14 38 32
48		12	15 15 0	15 25 31
49			16 16 0	16 11 30

			R	P
			h ′ ″	h ′ ″
50	Nvb.	21	17 47 30	17 44 58
51			18 35 0	18 32 27
52			11 22 0	11 19 6
53			12 8 0	12 5 5
54			14 23 30	14 20 32
55			15 9 0	15 6 1
56		13	15 55 30	15 52 30
57			16 43 0	16 39 59
58			17 29 30	17 26 28
59			18 16 0	18 12 57
60			19 4 30	19 1 26
61			10 41 0	10 37 36
62			11 26 30	11 23 5
63			12 13 30	12 10 4
64			13 0 0	12 56 33
65			13 48 30	13 45 2
66			14 35 30	14 32 1
67		14	15 23 30	15 20 0
68			16 9 30	16 5 59
69			16 56 30	16 52 58
70			17 42 30	17 38 57
71			18 30 30	18 26 56
72			11 17 0	11 13 5
73			12 8 0	12 4 4
74			14 33 0	14 29 1
75		15	16 11 0	16 6 59
76			17 47 0	17 42 57
77			18 36 0	18 31 56
78			19 35 0	19 20 55
79		16	11 26 0	11 21 5
80			12 14 0	12 9 4
81			13 2 30	12 57 33
82			13 50 0	13 45 2
83			14 38 0	14 33 1
84		17	15 26 0	15 21 0
85			16 14 0	16 8 59
86			17 1 30	17 56 28
87			17 49 30	17 44 27
88			10 25 0	10 19 36
89			12 4 30	12 59 4
90			12 54 0	12 48 33
91			13 43 0	13 37 32
92			14 32 0	14 26 31
93			15 22 0	15 16 30
94		18	18 38 0	18 32 26
95			19 28 30	19 22 55
96			20 18 0	20 12 24
97			22 46 0	22 40 21

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.			
		h ′	″
1 bis 3	Nvb. 6	11 39	46 33,9
4 – 8	7	19 40	47 46,6
9 – 14	8	16 40	48 13,7
11 – 16		18 17	48 12,9
17 – 21	9	15 54	48 54,0
19 – 23		17 32	49 0,0
24 – 27		11 56	48 45,0
25 – 32		14 22	48 47,1
33 – 37	10	12 17	47 42,0
38 – 41	11	16 41	48 11,5
40 – 44		19 31	48 24,0
45 – 48		13 31	46 41,5
48 – 51	12	17 1	46 45,0
52 – 57		13 56	45 40,7
54 – 60	13	16 43	46 49,3
61 – 65		12 14	46 51,0
66 – 71	14	16 33	46 49,7
72 – 76		14 28	48 41,2
74 – 78	15	16 57	48 35,2
79 – 83	16	13 2	48 0,0
83 – 87	17	16 14	47 51,0
88 – 92		12 27	49 35,7
92 – 95	18	17 0	49 17,3
94 – 97		20 49	49 32,1

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung			Tägliche Veränderung
	h ′	″		h ′	″
Nvb. 1	21 57	+ 10,880	Nvb. 3	8 33	— 1,070
6	19 8	+ 5,658	6	7 25	— 1,184
7	19 42	+ 4,443	9	15 42	— 1,069
10	11 41	— 0,490	12	17 4	— 1,027
13	22 27	— 3,005	16	18 47	— 0,937
18	15 6	— 8,340	20	18 47	— 1,036
21	22 27	— 10,730			

Hieraus und aus den Vergleichungen der beiden Uhren folgt, für die Zeiten der Versuche:

Versuch		St. Z.	*h*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
XII. *a.*	Nvb. 6	11 22	46 31,4	— 1,176	0,9976134
a′.	6	12 50	46 44,7	— 1,173	0,9976117
b.	7	17 34	47 26,9	— 1,163	0,9976066
b′.	7	18 52	47 34,5	— 1,160	0,9976057
c.	8	16 38	48 13,7	— 1,116	0,9976014
c′.	8	18 0	48 13,0	— 1,113	0,9976015
d.	9	16 13	48 55,2	— 1,069	0,9975971
d′.	9	17 27	48 59,7	— 1,068	0,9975966
XIII. *a.*	9	11 57	48 45,0	— 1,058	0,9975984
a′.	9	13 6	48 46,0	— 1,057	0,9975983
b.	10	12 13	47 41,6	— 1,043	0,9976061
b′.	10	13 34	47 50,6	— 1,042	0,9976051
c.	11	17 45	48 16,2	— 1,040	0,9976020
c′.	11	19 8	48 22,3	— 1,039	0,9976013
d.	11	14 43	46 42,7	— 1,028	0,9976136
d′.	12	15 56	46 43,9	— 1,028	0,9976135
XIV. *a.*	12	14 49	46 2,5	— 1,007	0,9976191
a′.	13	16 6	46 34,1	— 1,006	0,9976150
b.	13	12 5	46 51,0	— 0,987	0,9976131
b′.	13	13 26	46 50,7	— 0,986	0,9976131
c.	13	14 31	46 50,3	— 0,985	0,9976132
c′.	14	15 46	46 50,0	— 0,984	0,9976132
d.	14	14 55	48 40,1	— 0,965	0,9976001
d′.	15	16 7	48 37,2	— 0,962	0,9976004
XV. *a.*	16	12 37	48 1,3	— 0,956	0,9976048
a′.	16	13 43	47 58,1	— 0,957	0,9976051
b.	16	14 49	47 56,0	— 0,958	0,8976054
b′.	17	16 7	47 51,3	— 0,959	0,9976059
c.	17	12 28	49 37,5	— 0,980	0,9975933
c′.	17	13 43	49 30,6	— 0,982	0,9975941
d.	17	14 39	49 26,8	— 0,983	0,9975944
d′.	18	18 27	49 22,9	— 0,987	0,9975949

Versuch XII. *a*. 1827 Nvb. 6. $11^h\,22'$ Stz.

Barometer 332,90 *L.* + 3°,9 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	11 h 5 ′ 4 ″	499	11 h 19 ′ 25 ″	998	11 h 33 ′ 46 ″
40	6 13	528	20 15	1009	34 5
51	6 32	539	20 34	1038	34 55
91	7 41	550	20 53	1049	35 14
142	9 9	590	22 2	1078	36 4
182	10 18	601	22 21	1089	36 23
193	10 37	630	23 11	1100	36 42
		641	23 30	1111	37 1
		692	24 58	1140	37 51
		703	25 17	1151	38 10
				1180	39 0
				1191	39 19
$99\frac{6}{7}$	11 7 56 $\frac{8}{7}$	597,3	11 22 14 $\frac{3}{6}$	$1094\frac{1}{2}$	11 36 32 $\frac{1}{2}$
100	11 7 56,5322	600	11 22 19,2587	1100	11 36 41,9900
μ	36,4		22,0		13,2
l' et l'''	4,80. 4,85		4,80. 4,84		4,79. 4,83
Rechnung	11 7 56,5306		11 22 19,2618		11 36 41,9884
Fehler	— 0,0016		+ 0,0031		— 0,0016

XII. *a'*. Nvb. 6. $12^h\,50'$ Stz.

Barom. 332,90 *L.* + 3°,9 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		n	l'	l'''
			°	°
0	12 h 29 ′ 11,5 ″	16,0	4,83	4,93
614	39 27,5	11,8		
1230	49 45,5	8,8	4,88	4,93
1846	13 0 3,5	6,8		
2464	10 23,5	5,2	4,94	4,93

Rechnung	Fehler
h ′ ″	″
12 29 11,5011	+ 0,0011
39 27,4993	— 0,0007
49 45,4997	— 0,0003
13 0 3,4981	— 0,0019
10 23,5018	+ 0,0018

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	o'	o''	o'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	o'	o''	o'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	18,521	4,92	4,93	4,96	4,80	4,86	19,160	4,97	4,93	4,96	4,86	4,87
Ende...	18,529	4,92	4,88	4,96	4,77	4,83	19,160	5,16	4,98	5,01	4,97	5,03
Mittel..	18,525	4,92	4,905	4,96	4,785	4,845	19,160	5,065	4,955	4,985	4,915	4,95

Gemessene Länge	F — 1,6710	..... = F — 1,7282
Temperatur von F = 4°,91	+ 0,0266	5°,02 .... + 0,0272
Toise, Temperatur = 4,93	863,8877	.....
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels.....	= F + 862,2515	..... = F — 1,6984

Beobacht. Schwingungszeit = 1″,7254478 Uhrz. = 1″,7213300 MZ.	1″,00323953 Uhrz. = 1″,0008435 MZ.	
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306,^{L}1099 + 2,9628 ε	441,5540 + 1,0017 ε	
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9161 — 0,0021 ε	— 0,9145 k — 0,3098 — 0,0007 ε — 0,3088 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8016	+ 0,2128
——— auf F	— 862,2515	+ 1,6984
Resultat des Versuchs	F = 443,7439 + 2,9607 ε — 0,9145 k	443,1554 + 1,0010 ε — 0,3088 k

Versuch XII. *b*. 1827 Nvb. 7. $17^h\,34'$ Stz.

Barometer 332,47 *L.* + 4°,8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	17 17 10	539	17 32 40	1027	17 46 42
40	18 19	579	33 49	1038	47 1
51	18 38	590	34 8	1049	47 20
80	19 28	630	35 17	1078	48 10
91	19 47	641	35 36	1089	48 29
142	21 15	681	36 45	1118	49 19
193	22 43	692	37 4	1129	49 38
		732	38 13	1140	49 57
				1151	50 16
				1180	51 6
				1191	51 25
				1220	52 15
$85\frac{2}{7}$	17 19 $37\frac{1}{7}$	$635\frac{1}{2}$	17 35 $26\frac{1}{2}$	$1117\frac{1}{2}$	17 49 $18\frac{1}{6}$
100	17 20 2,5315	600	17 34 25,2469	1100	17 48 47,9715
μ.....	38,9		22,7		14,3
l' et l'''....	5,31. 5,19		5,34. 5,16		5,36. 5,13
Rechnung	17 20 2,5291		17 34 25,2517		17 48 47,9691
Fehler....	— 0,0024		+ 0,0048		— 0,0024

XII. *b'*. Nvb. 7. $18^h\,52'$ Stz.

Barom. 332,47 *L.* + 4,°8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l'''
	h ′ ″		°	°
0	18 31 14,5	16,8	5,41	5,49
614	41 30,5	12,5		
1229	51 47,5	9,4	5,41	5,43
1844	19 2 4,5	7,1		
2458	12 20,5	5,5	5,36	5,43

Rechnung	Fehler
h ′ ″	″
18 31 14,4976	— 0,0024
41 30,5008	+ 0,0008
51 47,5027	+ 0,0027
19 2 4,5021	+ 0,0021
12 20,4969	— 0,0031

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlhebs.	o'	o''	o'''	l'	l'''	Schraube des Fühlhebs.	o'	o''	o'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	18,533	5,40	5,18	5,15	5,30	5,20	19,074	5,49	5,42	5,20	5,41	5,49
Ende...	18,535	5,49	5,28	5,20	5,36	5,11	19,113	5,49	5,42	5,20	5,35	5,43
Mittel..	18,534	5,445	5,23	5,175	5,33	5,155	19,0935	5,49	5,42	5,20	5,38	5,46

Gemessene Länge	F — 1,6718	... = F — 1,7222
Temperatur von F = 5°,37	+ 0,0291	5°,47... + 0,0296
Toise, Temperatur = 5°,20	863,8904	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,2559	..... F — 1,6900

Beobacht. Schwingungszeit = 1″,7254291 Uhrz. = 1″,7212995 MZ.	1″,00324587 Uhrz. = 1″,0008438 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306,0636 + 2,9628 ε	441,5542 + 1,0017 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,9129 — 0,0021 ε — 0,9113 k	— 0,3088 — 0,0007 ε — 0,3079 k
——— auf d. zusammeng. P. + 0,8016	+ 0,2129
——— auf F ..... — 862,2559	+ 1,6900
Resultat des Versuchs E = 443,6964 + 2,9607 ε — 0,9113 k	443,1483 + 1,0010 ε — 0,3079 k

Versuch XII. *c*. 1827 Nvb. 8. $16^h\,38'$ Stz.
Barometer 331,92 *L*. + 4°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

0	16 20 58″	477	16 34 41″	976	16 49 2″
40	22 7	488	35 0	1016	50 11
51	22 26	528	36 9	1027	50 30
91	23 35	539	36 28	1056	51 20
102	23 54	568	37 18	1067	51 39
142	25 3	579	37 37	1078	51 58
		641	39 24	1096	52 29
		670	40 14	1107	52 48
		681	40 33	1118	53 7
				1129	53 26
				1147	53 57
				1158	54 16
71	16 23 0 $\frac{1}{2}$	574 $\frac{5}{9}$	16 37 29 $\frac{1}{3}$	1081 $\frac{1}{4}$	16 52 3 $\frac{7}{12}$
80	16 23 16,0286	580	16 37 38,7271	1080	16 52 1,4266
μ	38,6		22,7		14,3
l' et l'''	5,37. 5,10		5,39. 5,12		5,41. 5,14
Rechnung	16 23 16,0276		16 37 38,7291		16 52 1,4256
Fehler....	— 0,0010		+ 0,0020		— 0,0010

XII. *c'*. Nvb. 8. $18^h\,0'$ Stz.
Bar. = 331,88 *L*. + 4°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l'''
			°	°
0	17 38 50,5	16,6	5,52	5,45
602	48 54,5	12,1		
1203	58 57,5	9,2	5,52	5,42
1806	18 9 2,5	7,0		
2407	19 5,5	5,5	5,52	5,42

Rechnung	Fehler
17 38 50,4969	— 0,0031
48 54,5028	+ 0,0028
58 57,5006	+ 0,0006
18 9 2,5027	+ 0,0027
19 5,4970	— 0,0030

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	19,511	5,49	5,13	5,15	5,36	5,08	18,540	5,59	5,42	5,25	5,52	5,48
Ende...	19,493	5,54	5,27	5,25	5,41	5,14	18,554	5,64	5,47	5,25	5,52	5,42
Mittel..	19,502	5,515	5,20	5,20	5,385	5,11	18,547	5,615	5,445	5,25	5,52	5,45

Gemessene Länge	F — 1,7591	.... = F — 1,6729
Temperatur von F = 5°,45	+ 0,0290	5°,56.... + 0,0301
Toise, Temperatur = 5,20.	863,8904	.....
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,1685	.....= F — 1,6402

Beobach. Schwingungszeit = 1″,7253870 Uhrz. = 1″,7212485 MZ.		1″,00331534 Uhrz. = 1″,0009089 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1305,9862 + 2,9626 ε	441,6117 + 1,0018 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9113 — 0,0021 ε — 0,9097 k	— 0,3081 — 0,0007 ε — 0,3072 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8014	+ 0,2129
——— auf F	— 862,1685	+ 1,6402
Resultat des Versuchs	F = 443,7078 + 2,9605 ε — 0,9097 k	443,1567 + 1,0011 ε — 0,3072 k

Versuch XII. *d*. 1827 Nvb. 9. $16^h\ 13'$ Stz.
Barometer 332,11 *L*. + 3°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

0	15 54 26	499	16 8 47	998	16 23 8
11	54 45	550	10 15	1009	23 27
51	55 54	561	10 34	1038	24 19
91	57 3	590	11 24	1049	24 36
102	57 22	601	11 43	1060	24 55
142	58 31	641	12 52	1071	25 14
153	58 50	652	13 11	1100	26 4
193	59 59	692	14 20	1111	26 23
				1140	27 13
				1151	27 32
				1162	27 51
				1173	28 10
$92\frac{7}{8}$	15 57 $6\frac{1}{4}$	$598\frac{1}{4}$	16 11 38 $\frac{1}{4}$	$1088\frac{1}{2}$	16 25 44 $\frac{1}{6}$
100	15 57 18,5439	600	16 11 41,2696	1100	16 26 4,0096
μ	38,9		22,9		14,5
l' et l'''	4,58. 4,57		4,58. 4,57		4,58. 4,57
Rechnung	15 57 18,5407		16 11 41,2761		16 26 4,0064
Fehler	— 0,0032		+ 0,0065		— 0,0032

XII. *d'*. Nvb. 9. $17^h\ 27'$ Stz.
Barom. 332,02 *L*. + 3°,7 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		t	l'	l'''
			°	°
0	17 6 21,5	12,3	4,53	4,76
601	16 24,5	9,3		
1203	26 28,5	7,2	4,56	4,76
1802	36 29,5	5,7		
2404	46 33,5	4,3	4,56	4,65

Rechnung	Fehler
	t
17 6 21,4978	— 0,0022
16 24,5007	+ 0,0007
26 28,5047	+ 0,0047
36 29,4975	— 0,0025
46 33,4993	— 0,0007

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	18,515	4,83	4,73	4,62	4,58	4,57	18,463	4,83	4,73	4,62	4,47	4,70
Ende...	18,512	4,83	4,73	4,66	4,58	4,57	18,470	4,83	4,73	4,62	4,56	4,65
Mittel..	18,5135	4,83	4,73	4,64	4,58	4,57	18,4665	4,83	4,73	4,62	4,515	4,675

Gemessene Länge	F — 1,6699	... = F — 1,6657
Temperatur von F = 4°,79	+ 0,0259	4°,79 .. + 0,0259
Toise, Temperatur = 4,68	863,8852	.....
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels.....	= F + 862,2494	... = F — 1,6372

Beobacht. Schwingungszeit	= 1″,7254546 Uhrz. = 1″,7213085 MZ.	1″,00332336 Uhrz. = 1″,0009120 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,0772 + 2,9628 ε	441,6144 + 1,0018 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9147 — 0,0021 ε — 0,9131 k	— 0,3095 — 0,0007 ε — 0,3085 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8016	+ 0,2129
——— auf F	— 862,2494	+ 1,6372
Resultat des Versuchs	F = 443,7147 + 2,9607 ε — 0,9131 k	443,1550 + 1,0011 ε — 0,3085 k

Versuch XIII. *a*, 1827 Nvb. 9. $11^h\,57'$ Stz.
Barometer 331,84 *L.* + 3°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	11 37 56	528	11 53 7	1016	12 7 9
40	39 5	539	53 26	1027	7 28
51	39 24	579	54 35	1067	8 37
91	40 33	619	55 44	1107	9 46
142	42 1	630	56 3	1118	10 5
171	42 51	681	57 31	1129	10 24
182	43 10	692	57 50	1169	11 33
193	43 29	721	58 40	1180	11 52
				1209	12 42
				1220	13 1
108 3/4	11 41 3 3/8	623 1/8	11 55 52	1124 1/2	12 10 15,7
120	11 41 23,0359	620	11 55 45,7454	1120	12 10 8,4532
μ.....	37,8		22,6		14,3
l' et l'''....	3,89. 4,23		3,94. 4,23		3,97. 4,22
Rechnung	11 41 23,0355		11 55 45,7463		12 10 8,4528
Fehler....	— 0,0004		+ 0,0009		— 0,0004

XIII. *a'*. Nvb. 9. $13^h\,6'$ Stz.
Barom. 331,78 *L.* + 3°,5 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
	h ′ ″		°	°
0	12 43 53,5	13,6	4,03	4,26
624	54 19,5	10,0		
1248	13 4 45,5	7,8	4,03	4,26
1872	15 11,5	5,9		
2499	25 40,5	4,3	4,14	4,26

Rechnung	Fehler
h ′ ″	″
12 43 53,5000	0,0000
54 19,5013	+ 0,0013
13 4 45,4997	— 0,0003
15 11,4967	— 0,0033
25 40,5023	+ 0,0023

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	a'	a''	a'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	a'	a''	a'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	19,353	4,01	4,09	4,06	3,86	4,23	19,675	4,21	4,19	4,13	3,92	4,21
Ende...	19,464	4,21	4,09	4,13	3,97	4,17	19,645	4,30	4,24	4,13	4,14	4,26
Mittel..	19,4085	4,11	4,09	4,095	3,915	4,20	19,660	4,255	4,215	4,13	4,03	4,235

Gemessene Länge	F — 1,7507	.....$= F$ — 1,7733
Temperatur von F = 4°,10	+ 0,0222	4°,24 ... + 0,0229
Toise, Temperatur = 4,09	863,8795	..... ——
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	$= F$ + 862,1592	.....$= F$ — 1,7478

Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254070 Uhrz. = 1″,7212633 MZ.	1″,0031964 Uhrz. = 1″,0007870 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,0087 + 2,9627 ε	441,5041 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9162 — 0,0021 ε — 0,9147 k	— 0,3095 — 0,0007 ε — 0,3085 k
—— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8014	+ 0,2128
—— auf F	— 862,1592	+ 1,7478
Resultat des Versuchs	F = 443,7347 + 2,9606 ε — 0,9147 k	443,1552 + 1,0009 ε — 0,3085 k

Versuch XIII. *b*. 1827 Nvb. 10. $12^h\,13'$ Stz.
Barometer 333,12 *L*. + 3°,3 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

0	11 53 5	499	12 7 26	1027	12 22 37
51	54 33	539	8 35	1038	22 56
62	54 52	550	8 54	1078	24 5
153	57 29	590	10 3	1089	24 24
164	57 48	601	10 22	1129	25 33
193	58 38	641	11 31	1140	25 52
233	59 47	652	11 50	1158	26 23
		703	13 18	1169	26 42
		743	14 27	1180	27 1
				1191	27 20
				1209	27 51
				1220	28 10
$122\frac{2}{7}$	11 56 36	$613\frac{1}{9}$	12 10 42$\frac{4}{9}$	$1135\frac{2}{3}$	12 25 44$\frac{1}{2}$
120	11 56 32,0562	620	12 10 54,7751	1120	12 25 17,4685
μ	37,9		22,4		14,0
l' et l'''	3,75. 3,69		3,81. 3,72		3,81. 3,76
Rechnung	11 56 32,0527		12 10 54,7822		12 25 17,4650
Fehler	— 0,0035		+ 0,0071		— 0,0035

XIII. *b'*. Nvb. 10. $13^h\,34'$ Stz.
Barom. 333,32 *L*. + 3°,3 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l'''
			°	°
0	13 11 0,5	14,0	3,89	3,95
623	21 25,5	10,1		
1245	31 49,5	7,8	3,94	3,95
1868	42 14,5	5,8		
2492	52 40,5	4,3	3,97	4,00

Rechnung	Fehler
h ' "	"
13 11 0,4986	— 0,0014
21 25,5023	+ 0,0023
31 49,4998	— 0,0002
42 14,4989	— 0,0011
52 40,5003	+ 0,0003

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	19,142	3,87	3,79	3,64	3,70	3,66	19,622	3,97	3,89	3,69	3,86	3,93
Ende...	19,127	3,92	3,84	3,69	3,81	3,83	19,618	4,21	3,99	3,84	3,97	3,99
Mittel..	19,1345	3,895	3,815	3,665	3,755	3,745	19,620	4,09	3,94	3,765	3,915	3,96

Gemessene Länge	F — 1,7259	.... = F — 1,7697
Temperatur von F = 3°,87	+ 0,0209	4°,04 ... + 0,0219
Toise, Temperatur = 3, 75	863,8760	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,1792	... = F — 1,7452

Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254022 Uhrz. = 1″,7212718 MZ.	1″,00320518 Uhrz. = 1″,0008026 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,0216 + 2,9627 ε	441,5179 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9203 — 0,0021 ε — 0,9187 *k*	— 0,3113 — 0,0007 ε — 0,3103 *k*
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8015	+ 0,2128
——— auf F	— 862,1792	+ 1,7452
Resultat des Versuchs	F = 443,7236 + 2,9606 ε — 0,9187 *k*	443,1646 + 1,0009 ε — 0,3103 *k*

Versuch XIII. *c*. 1827 Nvb. 11. $17^h\,45'$ Stz.

Barometer 333,53 *L.* + 3°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	17 25 36	488	11 39 38	987	17 53 59
51	27 4	528	40 47	1016	54 49
102	28 32	539	41 6	1027	55 8
142	29 41	579	42 15	1038	55 27
153	30 0	590	42 34	1056	55 58
193	31 9	630	43 43	1067	56 17
		670	44 52	1078	56 36
		681	45 11	1118	57 45
				1129	58 4
				1158	58 54
				1169	59 13
				1180	59 32
106 $\frac{5}{6}$	17 28 40 $\frac{1}{3}$	588 $\frac{1}{8}$	17 42 30 $\frac{3}{4}$	1085 $\frac{1}{6}$	17 56 48 $\frac{1}{2}$
100	17 28 28,5430	600	11 42 51,2392	1100	17 57 13,9497
μ.....	39,2		22,4		13,7
l' et l''....	4,14. 3,97		4,14. 3,97		4,14. 3,97
Rechnung	17 28 28,5397		17 42 51,2458		17 57 13,9464
Fehler....	— 0,0033		+ 0,0066		— 0,0033

XIII. *c'*. Nvb. 11. $19^h\,8'$ Stz.

Barom. 333,22 *L.* + 3°,5 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
			°	°
0	18 46 24,5	13,1	4,20	4,21
586	56 12,5	9,9		
1173	19 6 1,5	7,5	4,36	4,26
1759	15 49,5	5,7		
2345	25 37,5	4,5	4,42	4,37

Rechnung	Fehler
18 46 24,4973	— 0,0027
56 12,5009	+ 0,0009
19 6 1,5036	+ 0,0036
15 49,5010	+ 0,0010
25 37,4972	— 0,0028

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	c'	c''	c'''	l'	l''	Schraube des Fühlheb.	c'	c''	c'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°	*R*	°	°	°	°	°
Anfang	19,318	4,35	4,09	4,08	4,14	3,97	17,627	4,35	4,29	4,08	4,14	4,23
Ende...	19,462	4,35	4,14	4,08	4,14	3,97	17,648	4,40	4,29	4,08	4,20	4,21
Mittel..	19,390	4,35	4,115	4,08	4,14	3,97	17,6375	4,375	4,29	4,08	4,17	4,22

Gemessene Länge	F — 1,7490	..... = F — 1,5909
Temperatur von F = 4°,27	+ 0,0231	4°,34.... + 0,0235
Toise, Temperatur = 4°,09.....	863,8795	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,1618	..... = F — 1,5648

Beobach. Schwingungszeit = 1″,7253959 Uhrz. = 1″,7212584 MZ.	1″,00340133 Uhrz. = 1″,0009945 MZ.	
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306‴,0012 + 2,9627 ε	441,6872 + 1,0020 ε	
Reduction auf den leeren Raum — 0, 9200 — 0,0021 ε — 0,9185 k	— 0,3111 — 0,0007 ε — 0,3101 k	
——— auf d. zusammeng. P. + 0, 8014	+ 0,2131	
——— auf F..... — 862, 1618	+ 1,5648	
Resultat des Versuchs	F = 443, 7208 + 2,9606 ε — 0,9185 k	443,1540 + 1,0013 ε — 0,3101 k

Versuch XIII. *d*. 1827 Nvb. 11. 14^h 43′ Stz.

Barometer 332,90 *L*. + 3°,2 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

0	14 23′ 4″	517	14 37′ 56″	1023	14 52′ 29″
40	24 13	528	38 15	1034	52 48
91	25 41	557	39 5	1045	53 7
142	27 9	568	39 24	1074	53 57
182	28 18	608	40 33	1085	54 16
233	29 46	648	41 42	1096	54 35
		659	42 1	1114	55 6
		699	43 10	1125	55 25
				1136	55 44
				1165	56 34
				1176	56 53
				1205	57 43
$114\frac{2}{3}$	14 26 21 $\frac{5}{6}$	598	14 40 15 $\frac{3}{4}$	1106 $\frac{1}{2}$	14 54 53 $\frac{1}{12}$
110	14 26 13,7817	610	14 40 36,4541	1110	14 54 59,1220
μ.....	37,5		21,7		12,9
l' et l''....	3,43. 3,38		3,45. 3,38		3,47. 3,38
Rechnung	14 26 13,7817		14 40 36,4542		14 54 59,1220
Fehler....	0,0000		+ 0,0001		0,0000

XIII. *d*′. Nvb. 11. 15^h 56′ Stz.

Barom. 332,95 *L*. + 3,°4 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
	h ′ ″		°	°
0	15 33′ 1,5	14,9	3,75	3,71
623	43 26,5	10,9		
1246	53 51,5	8,0	3,75	3,71
1869	16 4 16,5	6,0		
2493	14 42,5	4,5	3,75	3,71

Rechnung	Fehler
h ′ ″	″
15 33′ 1,4982	— 0,0018
43 26,5017	+ 0,0017
53 51,5015	+ 0,0015
16 4 16,4993	— 0,0007
14 42,4993	— 0,0007

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	20,126	3,53	3,40	3,30	3,42	3,38	19,235	3,73	3,59	3,45	3,75	3,71
Ende...	20,170	3,68	3,50	3,40	3,48	3,43	19,239	3,82	3,69	3,50	3,75	3,71
Mittel..	20,148	3,605	3,45	3,35	3,45	3,405	19,237	3,775	3,64	3,475	3,75	3,71

Gemessene Länge	F — 1,8173	..... $= F$ — 1,7352
Temperatur von $F = 3°,55$	+ 0,0192	5°,73.... + 0,0202
Toise, Temperatur = 3°,39	863,8726	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	.....+ 0,0026
Länge des Pendels	$= F$ + 862,0827	..... $= F$ — 1,7124

Beobacht. Schwingungszeit	= 1″,7253304 Uhrz. = 1″,7212131 MZ.	1″,00320303 Uhrz. = 1″,0008089 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1305,9325 + 2,9625 ε	441,5234 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9207 — 0,0021 ε — 0,9191 k	— 0,3112 — 0,0007 ε — 0,3102 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8013	+ 0,2128
——— auf F	— 862,0827	+ 1,7124
Resultat des Versuchs	F = 443,7304 + 2,9604 ε — 0,9191 k	443,1374 + 1,0009 ε — 0,3102 k

Versuch XIV. *a.* 1827 Nvb. 12. $14^h\,49'$ Stz.
Barometer 338,23 *L.* + 3°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	14 28 22″	510	14 43 2″	1009	14 57 23″		
51	29 50	550	44 11	1020	57 42		
62	30 9	561	44 30	1060	58 51		
102	31 18	572	44 49	1071	59 10		
113	31 37	601	45 39	1111	15 0 19		
153	32 46	612	45 58	1122	0 38		
164	33 5	652	47 7	1133	0 57		
204	34 14	663	47 26	1162	1 47		
		703	48 35	1173	2 6		
		714	48 54	1184	2 25		
$106\frac{1}{5}$	14 31 25 $\frac{1}{5}$	$613\frac{1}{5}$	14 46 1,1	$1104\frac{1}{2}$	15 0 7 $\frac{1}{5}$		
110	14 31 31,8112	610	14 45 54,5432	1110	15 0 17,2901		
μ.....	38,5		22,3		14,2		
l' et l'''....	2,84. 2,75		2,92. 2,97		3,00. 2,83		
Rechnung	14 31 31,8079		14 45 54,5498		15 0 17,2868		
Fehler....	— 0,0033		+ 0,0066		— 0,0033		

XIV. *a'*. Nvb. 13. $16^h\,6'$ Stz.
Barom. 338,65 *L.* + 3°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		n	l'	l'''
		°	°	°
0	15 42 19,5″	14,3	3,20	3,16
622	52 43,5	10,7		
1244	16 3 7,5	8,0	3,20	3,16
1864	13 29,5	6,0		
2486	23 53,5	4,6	3,31	3,16

Rechnung	Fehler
	″
15 42 19,4965	— 0,0035
52 43,5021	+ 0,0021
16 3 7,5045	+ 0,0045
13 29,4986	— 0,0014
23 53,4983	— 0,0017

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	s'	s''	s'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	s'	s''	s'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	*R*	°	°	°	°	°
Anfang	12,522	2,91	2,71	2,68	2,81	2,74	14,345	3,20	2,91	2,82	3,20	3,16
Ende...	12,526	3,05	2,86	2,77	3,09	3,04	14,352	3,39	3,10	3,02	3,31	3,16
Mittel..	12,524	2,98	2,785	2,725	2,95	2,89	14,3485	3,295	3,005	2,92	3,255	3,16

Gemessene Länge	$= F -$ 1,1277	..... $= F -$ 1,2942
Temperatur von $F =$ 2°,91	+ 0,0158	3°, 19 .... + 0,0173
Toise, Temperatur = 2,75	863,8662	..... ——
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	$= F +$ 862,7525	..... $= F -$ 1,2743

Beobach. Schwingungszeit = 1″,7254688 Uhrz.	= 1″,7213606 MZ.	1″,00321264 Uhrz. = 1″,0008200 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. $1306\frac{L}{,}1563$	+ 2,9630 ε	441,5332 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9373 — 0,0021 ε — 0,9357 k	— 0,3178 — 0,0007 ε — 0,3168 k
—— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8139	+ 0,2208
—— auf F	— 862,7525	+ 1,2743
Resultat des Versuchs	$F =$ 443,2804 + 2,9609 ε — 0,9357 k	442,7105 + 1,0009 ε — 0,3168 k

Versuch XIV. *b*. 1827 Nvb. 13. $12^h\,5'$ Stz.
Barometer 342,86 *L*. + 2°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

0	11 43 33	510	11 58 13	1020	12 12 53
11	43 52	521	58 32	1031	13 2
62	45 20	561	59 41	1060	14 2
102	46 29	612	12 1 9	1100	15 11
113	46 48	623	1 28	1111	15 30
204	49 25	663	2 37	1122	15 49
		703	3 46	1133	16 8
		714	4 5	1162	16 58
		725	4 24	1173	17 17
				1202	18 7
82	11 45 54 1/2	625 7/9	12 1 32 7/9	1111 2/3	12 15 30,7
110	11 46 42,8132	610	12 1 5,5537	1110	12 15 28,2843
μ.....	38,4		22,0		14,0
l' et l'''	3,14. 3,19		3,14. 3,19		3,14. 3,19
Rechnung	11 46 42,8140		12 1 5,5521		12 15 28,2851
Fehler	+ 0,0008		— 0,0016		+ 0,0008

XIV. *b'*. Nvb. 13, $13^h\,26'$ Stz.
Barom. 342,92 *L*. + 2°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l'''
	h ' "	°	°	°
0	13 1 20,5	13,1	3,20	3,16
627	11 49,5	9,6		
1253	22 17,5	7,0	3,20	3,21
1880	32 46,5	5,4		
2504	43 12,5	4,1	3,25	3,31

Rechnung	Fehler
h ' "	"
13 1 20,4964	— 0,0036
11 49,5021	+ 0,0021
23 17,5022	+ 0,0022
32 46,5039	+ 0,0039
43 12,4955	— 0,0045

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	c'	c''	c'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	c'	c''	c'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,280	3,34	3,20	3,11	3,14	3,19	14,660	3,34	3,15	3,11	3,14	3,16
Ende...	13,275	3,34	3,15	3,11	3,14	3,19	14,660	3,39	3,25	3,11	3,25	3,21
Mittel..	13,2775	3,34	3,175	3,11	3,14	3,19	14,660	3,365	3,20	3,11	3,195	3,185

Gemessene Länge	F — 1,1976	.... $= F$ — 1,3223
Temperatur von $F = 3°,28$	+ 0,0178	3°,31... + 0,0179
Toise, Temperatur = 3, 14	863,8701	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0, 0026
Länge des Pendels	$= F$ + 862,6985	.... $= F$ — 1,3018

Beobach. Schwingungszeit	= 1",7254607 Uhrz. = 1",7213422 MZ.	1",00318960 Uhrz. = 1",0007951 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,1284 + 2,9629 ε	441,5112 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0, 9495 — 0,0022 ε — 0,9478 *k*	— 0,3212 — 0,0007 ε — 0,3202 *k*
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0, 8138	+ 0,2208
——— auf F	— 862, 6985	+ 1,3018. .....
Resultat des Versuchs	$F = 443, 2942 + 2,9607\,\varepsilon - 0,9478\,k$	442,7126 + 1,0009 ε — 0,3202 *k*

Versuch XIV. *c*. 1827 Nvb. 13. $14^h\,31'$ Stz.
Barometer 342,91 *L*. + 2°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

0	14 10 15	499	14 24 36	998	14 38 57
40	11 24	539	25 45	1009	39 16
51	11 43	590	27 13	1038	40 6
102	13 11	601	27 32	1049	40 25
142	14 20	641	28 41	1060	40 44
153	14 39	663	29 19	1071	41 3
193	15 48	692	30 9	1100	41 53
204	16 7	703	30 28	1111	42 12
				1140	43 2
				1151	43 21
				1162	43 40
				1173	43 59
$110\frac{5}{6}$	14 13 25 $\frac{7}{6}$	616	14 27 57 $\frac{7}{6}$	$1088\frac{1}{2}$	14 41 33 $\frac{1}{6}$
100	14 13 7,5419	600	14 27 30,2675	1100	14 41 53,0096
μ	37,1		21,1		13,4
l' et l'''	3,20. 3,15		3,20. 3,15		3,20. 3,15
Rechnung	14 13 7,5400		14 27 30,2713		14 41 53,0077
Fehler....	— 0,0019		+ 0,0038		— 0,0019

XIV. *c'*. Nvb. 14. $15^h\,46'$ Stz.
Barom. 342,70 *L*. + 2°,9 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l'''
			°	°
0	15 21 51,5	18,0	3,25	3,21
627	32 20,5	13,0		
1253	42 48,5	9,5	3,31	3,24
1880	53 17,5	7,1		
2504	16 3 43,5	5,5	3,31	3,27

Rechnung	Fehler
	"
15 21 51,4946	— 0,0054
32 20,5034	+ 0,0034
42 48,5036	+ 0,0036
52 17,5043	+ 0,0043
16 3 43,4941	— 0,0059

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	s'	s''	s'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	s'	s''	s'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	*R*	°	°	°	°	°
Anfang	13,225	3,44	3,25	3,16	3,20	3,15	14,630	3,44	3,30	3,16	3,20	3,21
Ende...	13,219	3,44	3,30	3,16	3,20	3,15	14,625	3,49	3,40	3,16	3,31	3,27
Mittel..	13,222	3,44	3,275	3,16	3,20	3,15	14,6275	3,465	3,35	3,16	3,255	3,24

Gemessene Länge	F — 1,1926	... = F — 1,3194
Temperatur von F = 3°,38	+ 0,0183	3°,42 .. + 0,0186
Toise, Temperatur = 3, 21	863,8708	.....
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels.....	= F + 862,7047	... = F — 1,2982

Beobacht. Schwingungszeit	= 1,″7254579 Uhrz. = 1,″7213396 MZ.	1,″0031854 6 Uhrz. = 1,″0007911 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	$t^{306},1244 + 2,9629\,\varepsilon$	441,5077 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9494 — 0,0022 ε — 0,9477 k	— 0,3209 — 0,0007 ε — 0,3199 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0, 8138	+ 0,2208
——— auf F	— 862, 7047	+ 1,2982
Resultat des Versuchs	F = 441, 2841 + 2,9607 ε — 0,9477 k	442,7058 + 1,0009 ε — 0,3199 k

Versuch XIV. *d.* 1827 Nvb. 14. $14^h\,55'$ Stz.
Barometer 338,95 *L.* + 3°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	14 33 19	499	14 47 40	1009	15 2 20
40	34 28	510	47 59	1020	2 39
51	34 47	550	49 8	1060	3 48
102	36 15	561	49 27	1071	4 7
142	37 24	601	50 36	1122	5 35
153	37 43	612	50 55	1162	6 44
204	39 11	652	52 4	1173	7 3
		663	52 23	1184	7 22
		703	53 32	1195	7 41
		714	53 51	1224	8 31
$98\frac{5}{7}$	14 36 $9\frac{5}{7}$	$606\frac{1}{2}$	14 50 $45\frac{1}{2}$	1122	15 5 35
110	14 36 28,7983	610	14 50 51,5391	1110	15 5 14,2941
μ.....	37,3		21,8		13,9
l' et l''....	3,38. 3,27		3,39. 3,27		3,40. 3,27
Rechnung	14 36 28,7955		14 50 51,5447		15 5 14,2913
Fehler....	— 0,0028		+ 0,0056		— 0,0028

XIV. *d'*. Nvb. 15. $16^h\,7'$ Stz.
Barom. 338,95 *L.* + 3°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
			°	°
0	15 41 47,5	16,3	3,70	3,60
626	52 15,5	12,2		
1255	16 2 46,5	9,1	3,70	3,65
1881	13 14,5	7,0		
2510	23 45,5	5,2	3,75	3,65

Rechnung	Fehler
15 41 47,4990	— 0,0010
52 15,4991	— 0,0009
16 2 46,5044	+ 0,0044
13 14,4979	— 0,0021
23 45,4996	— 0,0004

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	c'	c''	c'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	c'	c''	c'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,218	3,63	3,50	3,26	3,37	3,27	14,618	3,68	3,54	3,30	3,70	3,60
Ende...	13,220	3,68	3,50	3,30	3,42	3,27	14,629	3,77	3,69	3,35	3,70	3,60
Mittel..	13,219	3,655	3,50	3,28	3,395	3,27	14,6235	3,725	3,615	3,325	3,70	3,60

Gemessene Länge	F — 1,1923	..... $= F$ — 1,3190
Temperatur von $F = 3°,60$	+ 0,0193	3°,68 .... + 0,0199
Toise, Temperatur = 3,37	863,8724	..... ——
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	$= F$ + 862,7077	..... $= F$ — 1,2965

Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254857 Uhrz. = 1″,7213447 MZ.	1″,00317936 Uhrz. = 1″,0007721 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,^{L}1322 + 2,9629 ε	441,4910 + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9377 — 0,0021 ε — 0,9360 k	— 0,3168 — 0,0007 ε — 0,3158 k
—— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8138	+ 0,2208
—— auf F	— 862,7077	+ 1,2965
Resultat des Versuchs	F = 443,3006 + 2,9608 ε — 0,9360 k	442,6915 + 1,0008 ε — 0,3158 k

Versuch XV. *a.* 1827 Nvb. 16. $12^h\,37'$ Stz.
Barometer 338,56 *L.* + 3°,8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	12 14 23	499	12 28 44	1009	12 43 24
51	15 51	550	30 12	1049	44 33
102	17 19	561	30 31	1089	45 42
142	18 28	590	31 21	1100	46 1
153	18 47	601	31 40	1111	46 20
204	20 15	641	32 49	1140	47 10
		652	33 8	1151	47 29
		663	33 27	1191	48 38
		703	34 36	1202	48 57
				1213	49 16
$108\frac{1}{3}$	12 17 30 $\frac{1}{2}$	$606\frac{2}{3}$	12 31 49 $\frac{1}{9}$	$1125\frac{1}{2}$	12 46 45
110	12 17 32,8006	610	12 31 55,5294	1110	12 46 18,2555
μ.....	37,3		21,7		13,8
l' et l''....	4,20. 3,83		4,20. 3,83		4,20. 3,83
Rechnung	12 17 32,8002		12 31 55,5301		12 46 18,2551
Fehler....	— 0,0004		+ 0,0007		— 0,0004

XV. *a'*. Nvb. 16. $13^h\,43'$ Stz.
Barom. 338,68 *L.* + 3°,9 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
	h ′ ″	°	°	°
0	13 17 21,5	14,0	4,31	4,22
607	27 30,5	10,4		
1216	37 41,5	8,0	4,31	4,22
1827	47 54,5	6,1		
2437	58 6,5	4,5	4,31	4,22

Rechnung	Fehler
h ′ ″	″
13 17 21,5026	+ 0,0026
27 30,4981	— 0,0019
37 41,4970	— 0,0030
47 54,5012	+ 0,0012
58 6,5011	+ 0,0011

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlhebels	a'	a''	a'''	l'	l'''	Schraube des Fühlhebels	a'	a''	a'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,255	4,30	3,79	3,79	4,20	3,83	13,872	4,35	4,04	3,89	4,31	4,22
Ende...	13,247	4,30	3,79	3,79	4,20	3,83	13,880	4,35	4,04	3,93	4,31	4,22
Mittel..	13,251	4,30	3,79	3,79	4,20	3,83	13,876	4,35	4,04	3,91	4,31	4,22

Gemessene Länge	F — 1,1952	..... = F — 1,2516
Temperatur von F = 4°,12	+ 0,0223	4°,24..... + 0,0229
Toise, Temperatur = 3°,79	863,8765	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	.....+ 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,7118	..... = F — 1,2261

Beobach. Schwingungszeit = 1″,7254448 Uhrz.	= 1″,7213120 MZ.	1″,00327636 Uhrz. = 1″,0008736 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,0826 + 2,9628 ε	441,5805 + 1,0017 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9337 — 0,0021 ε	— 0,3159 — 0,0007 ε
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8137	+ 0,2209
——— auf F	— 862,7118	+ 1,2261
Resultat des Versuchs	F = 443,2508 + 2,9607 ε — 0,9320 k	442,7116 + 1,0010 ε — 0,3149 k

Versuch XV. *b.* 1827 Nvb. 16. $14^h\,49'$ Stz.

Barometer 338,65 *L.* + 3°,9 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	14 26 9	510	14 40 49	998	14 54 51
51	27 37	539	41 39	1020	55 29
102	29 5	550	41 58	1049	56 19
193	31 42	601	43 26	1060	56 38
204	32 1	612	43 45	1089	57 28
244	33 10	641	44 35	1129	58 37
		652	44 54	1151	59 15
		714	46 41	1191	15 0 24
$132\frac{1}{3}$	14 29 57 $\frac{1}{3}$	$602\frac{3}{8}$	14 43 28 $\frac{3}{8}$	$1085\frac{7}{8}$	14 57 22 $\frac{7}{8}$
110	14 29 18,7982	610	14 43 41,5316	1110	14 58 4,2516
μ.....	36,8		21,7		13,4
l' et l''....	4,36. 4,23		4,36. 4,19		4,36. 4,16
Rechnung	14 29 18,7996		14 43 41,5287		14 58 4,2530
Fehler....	+ 0,0014		— 0,0029		+ 0,0014

XV. *b'*. Nvb. 17. $16^h\,7'$ Stz.

Barom. 338,64 *L.* + 4,°1 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		n	l'	l''
			°	°
0	15 40 38,5	13,0	4,42	4,32
632	51 12,5	9,9		
1264	16 1 46,5	7,4	4,42	4,32
1896	12 20,5	5,9		
2528	22 54,5	4,4	4,42	4,32

	Rechnung	Fehler
	h ′ ″	″
	15 40 38,4981	— 0,0019
	51 12,5013	+ 0,0013
	16 1 46,5016	+ 0,0016
	12 20,5005	+ 0,0005
	22 54,5985	— 0,0015

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	c'	c''	c'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	c'	c''	c'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,527	4,40	4,09	4,08	4,36	4,23	15,027	4,45	4,14	4,13	4,42	4,32
Ende...	13,540	4,40	4,09	4,08	4,36	4,12	15,035	4,45	4,19	4,13	4,42	4,32
Mittel..	13,5335	4,40	4,09	4,08	4,36	4,175	15,031	4,45	4,165	4,13	4,42	4,32

Gemessene Länge	F — 1,2207	..... = F — 1,3558
Temperatur von F = 4°,29	+ 0,0232	4°,35.... + 0,0235
Toise, Temperatur = 4°,08.....	863,8794	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,6901	..... = F — 1,3297

Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254435 Uhrz. = 1″,7213118 MZ.	1″,0031594 Uhrz. = 1″,0007578 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,0823 + 2,9628 ε	441,4783 + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9335 — 0,0021 ε — 0,9319 k	— 0,3158 — 0,0007 ε — 0,3149 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8137	+ 0,2207
——— auf F.....	— 862,6901	+ 1,3297
Resultat des Versuchs	F = 443,2724 + 2,9607 ε — 0,9319 k	442,7129 + 1,0008 ε — 0,3149 k

Versuch XV. *c.* 1827 Nvb. 17. 12^h 28′ Stz.
Barometer 339,47 *L.* + 4°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	12 h 5′ 7″	510	12 h 19′ 47″	991	12 h 33′ 37″
11	5 26	521	20 6	1020	34 27
51	6 35	561	21 15	1031	34 46
102	8 3	572	21 34	1071	35 55
113	8 22	612	22 43	1082	36 14
153	9 31	623	23 2	1122	37 23
164	9 50	663	24 11	1133	37 42
215	11 18	674	24 30	1144	38 1
		714	25 39	1173	38 51
				1184	39 10
				1195	39 29
$101\frac{1}{6}$	12 8 $1\frac{1}{2}$	$605\frac{5}{9}$	12 22 $31\frac{5}{9}$	$1104\frac{2}{11}$	12 36 $52\frac{2}{11}$
110	12 8 16,8138	610	12 22 39,5578	1110	12 37 2,3119
μ	36,9		22,1		13,9
l' et l''	4,27. 4,35		4,31. 4,30		4,35. 4,25
Rechnung	12 8 16,8113		12 22 39,5627		12 37 2,3094
Fehler	— 0,0025		+ 0,0049		— 0,0025

XV. *c′*. Nvb. 17. 13^h 43′ Stz.
Barom. 339,46 *L.* + 4°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
			°	°
0	13 h 16′ 49″,5	13,1	4,42	4,32
630	27 21,5	10,0		
1258	37 51,5	7,3	4,42	4,32
1888	48 23,5	5,8		
2519	58 56,5	4,5	4,42	4,32

Rechnung	Fehler
13 h 16′ 49″,4988	— 0″,0012
27 21,5032	+ 0,0032
37 51,4985	— 0,0015
48 23,4986	— 0,0014
58 56,5011	+ 0,0011

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	s'	s''	s'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	s'	s''	s'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,185	4,40	4,29	4,13	4,25	4,40	14,984	4,49	4,29	4,18	4,42	4,32
Ende...	13,190	4,40	4,29	4,18	4,42	4,17	14,993	4,49	4,33	4,23	4,42	4,32
Mittel..	13,1875	4,40	4,29	4,155	4,335	4,285	14,9885	4,49	4,31	4,205	4,42	4,32

Gemessene Länge	F — 1,1895	..... = F — 1,3520
Temperatur von F = 4°,36	+ 0,0236	4°,43 ... + 0,0240
Toise, Temperatur = 4, 21	863,8806	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,7229	..... = F — 1,3254

Beobach. Schwingungszeit = 1″,7254880 Uhrz.	= 1″,7213353 MZ.	1″,00317143 Uhrz. = 1″,0007579 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,1179 + 2,9629 ε	441,1784 + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9358 — 0,0021 ε — 0,9342 k	— 0,3164 — 0,0007 ε — 0,3154 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8138	+ 0,2208
——— auf F	— 862,7229	+ 1,3254
Resultat des Versuchs	F = 443,2730 + 2,9608 ε — 0,9342 k	442,7082 + 1,0008 ε — 0,3154 k

Versuch XV. *d.* 1827 Nvb. 17. $14^h\,39'$ Stz.
Barometer 339,54 *L.* + 4°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	14 17 11″	470	14 30 42″	980	14 45 22″
51	18 39	510	31 51	991	45 41
62	18 58	561	33 19	1020	46 31
102	20 7	572	33 38	1031	46 50
153	21 35	612	34 47	1053	47 28
		623	35 6	1071	47 59
		663	36 15	1082	48 18
		674	36 34	1093	48 37
				1100	48 49
				1122	49 27
				1133	49 46
				1144	50 5
$73\frac{3}{5}$	14 19 18	$585\frac{5}{8}$	14 34 $1\frac{1}{2}$	$1068\frac{1}{3}$	14 47 $54\frac{5}{12}$
80	14 19 29,0432	580	14 33 51,7940	1180	14 48 14,5476
μ	34,7		20,6		13,0
l' et l'''	4,42. 4,32		4,42. 4,32		4,42. 4,29
Rechnung	14 19 29,0420		14 33 51,7963		14 48 14,5464
Fehler	— 0,0012		+ 0,0023		— 0,0012

XV. *d'*. Nvb. 18. $18^h\,27'$ Stz.
Barom. 339,68 *L.* + 4°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l'''
			°	°
0	18 0 45,5	16,0	4,47	4,37
629	11 16,5	12,0		
1260	21 49,5	9,0	4,47	4,37
1890	32 21,5	6,8		
2523	42 56,5	5,1	4,47	4,37

Rechnung	Fehler
18 0 45,5004	+ 0,0004
11 15,4996	— 0,0004
21 49,5012	+ 0,0012
32 21,4973	— 0,0027
42 56,5015	+ 0,0015

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlhebels.	s'	s''	s'''	l'	l'''	Schraube des Fühlhebels.	s'	s''	s'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	*R*	°	°	°	°	°
Anfang	13,239	4,54	4,33	4,22	4,42	4,34	15,012	4,59	4,38	4,27	4,47	4,37
Ende...	13,275	4,54	4,38	4,27	4,42	4,26	14,978	4,59	4,38	4,27	4,47	4,37
Mittel..	13,257	4,54	4,355	4,245	4,42	4,30	14,995	4,59	4,38	4,27	4,47	4,37

Gemessene Länge	F — 1,1958	... = F — 1,3525
Temperatur von F = 4°,48	+ 0,0242	4°,52.. + 0,0245
Toise, Temperatur = 4,29	863,8814	..... ——
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0, 0026
Länge des Pendels	= F + 862,7180	... = F — 1,3254

Beobach. Schwingungszeit = 1″,7254954 Uhrz.	= 1″,7213446 MZ.	1″,00316360 Uhrz. = 1″,0007509 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306‴,1320	+ 2,9629 ε	441,4723 + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0, 9357 — 0,0021 ε	— 0,3165 — 0,0007 ε — 0,3156 k
—— auf d. zusammeng. P.	+ 0, 8138	+ 0,2208
—— auf F	— 862, 7180	+ 1,3254
Resultat des Versuchs	F = 443, 2921 + 2,9608 ε — 0,9341 k	442,7020 + 1,0008 ε — 0,3156 k

Bemerkung.

Die Wichtigkeit der vorstehenden am 5ten Januar 1828 eingesandten, und am 28ten Februar gelesenen Abhandlung, und das Interesse welches ihre schnelle Bekanntwerdung für die in der neuesten Zeit so häufig angestellten Pendelversuche haben mußte, hat die Akademie bewogen, sie dem damals gerade im Drucke begriffenen Bande ihrer Abhandlungen für 1826 einzuverleiben, obgleich sie dem Datum nach in einen der späteren Bände gehörte.

Über

die Bahn der Vesta.

Von

H^rn. J. F. ENCKE.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 23. Februar 1826.]

Bei der gegenwärtigen Untersuchung war es ein Hauptzweck, aufser der Bestimmung der eigentlichen Bahn der Vesta, auch einen Beitrag zur Prüfung des Newton'schen Gesetzes, dafs die Körper sich ihren Massen proportional anziehen, zu liefern. Es läfst sich nicht läugnen, dafs, wie eines unserer geehrten auswärtigen Mitglieder es ausdrückt (*), die Data welche Newton seiner Annahme zum Grunde legte, andere Systeme keinesweges ausschliefsen, und in derselben Abhandlung ist eine Annahme ausführlicher dargelegt worden, welche den Erfahrungssätzen, auf denen das Newton'sche Gesetz sich stützt, eben so Genüge leistet, ohne doch die Anziehung allein den Massen proportional zu setzen. Schon früher hatte zuerst der berühmte Professor Joh. Tob. Mayer in Göttingen auf die Möglichkeit eines solchen Zweifels aufmerksam gemacht, und wenn seine bereits im Jahre 1806 gelesene Abhandlung, erst so lange nachher eine anderweitige Untersuchung veranlafste, so möchte vielleicht der Grund darin zu suchen sein, dafs zu der Zeit in welcher Mayer schrieb, keine Erscheinung in unserm Planetensystem zu einer Änderung der einfachen Newton'schen Annahme Veranlassung geben konnte. Die bis dahin berechneten Planetenbewegungen schienen vollkommen dargestellt zu werden.

Die erste Veranlassung vielleicht die Möglichkeit einer Änderung vermuthen zu können, gaben die neuen Planeten. Vermöge der Lage ihrer Bahnen erleiden sie durch Jupiter so starke Störungen, dafs die Anziehungskraft dieses mächtigsten der Planeten, aus ihrem Laufe sich mit demselben

(*) Bessel: Untersuchungen des Theils der planetarischen Störungen welcher aus der Bewegung der Sonne entsteht. Abh. der Berl. Akad. 1824.

Erfolge ableiten lassen dürfte, als Laplace und Bouvard es aus den Saturnsstörungen gethan haben. Eine sehr streng durchgeführte, wenn gleich in ihrem Detail noch nicht bekannt gemachte Untersuchung über die Bahn des Planeten, der am meisten zu einer solchen Entscheidung sich eignete, der Pallas, gab dem Herrn Hofrath Gaufs eine sehr merklich verschiedene Jupitersmasse von der, welche Laplace aus dem Saturn abgeleitet. Die Gaufsische Bestimmung war gröfser als die Laplace'sche, etwa in dem Verhältnifs von 81 zu 80, und lag weit aufser den Grenzen der Unsicherheit, welche Laplace seiner Jupitersmasse anweisen zu können glaubte. Eine von Herrn Professor Nicolai in Manheim in gleichem Sinne durchgeführte Störungsrechnung für die Juno, gab sehr genähert dasselbe Resultat wie die Pallas. Bei den beiden letzteren Planeten schlofs eine Jupitersmasse $= \frac{1}{1053,924}$ sich den Beobachtungen besser als die neueste Bouvard'sche Masse $\frac{1}{1070,3}$ an. Über die Ursache dieser Verschiedenheit ward von ihren Erfindern nichts geäufsert, sondern nur die Thatsache als begründet angegeben.

Später fand noch bei einem andern Planeten, dem Uranus, eine Erscheinung statt, die ebenfalls bis jetzt unaufgeklärt geblieben ist. Seitdem Bode den glücklichen Gedanken gehabt, zu vermuthen, dafs in älteren Sternverzeichnissen dieser Planet als Fixstern beobachtet vorkommen könne, und wirklich eine Beobachtung desselben in Tob. Mayer's Beobachtungs-Journal aufgefunden, hatten Bessel und Burkhardt, in Bradley's, Flamsteed's und Le Monniers's Papieren, ebenfalls eine nicht unbeträchtliche Zahl von Uranusbeobachtungen aufgefunden. Der neueste verdienstvolle Berechner der Jupiter- Saturn- und Uranustafeln, Bouvard, benutzte alle diese; allein es wollte ihm nicht gelingen, diese älteren Beobachtungen in Harmonie mit den neueren zu bringen; und er sah sich genöthigt, mit Beseitigung der älteren, sein Elementensystem blos den neueren Beobachtungen anzuschliefsen. Es läfst sich selbst nicht läugnen, dafs die Übereinstimmung, auch der Jupiters- und Saturnsbeobachtungen, noch nicht in den neuesten Tafeln den Grad von Genauigkeit erlangt hat, den man wünschen könnte. Theils die Gröfse der Fehler von 10″, theils die regelmäfsige Abwechselung in den Zeichen, können wohl zu der Vermuthung, dafs noch eine unentdeckte Ursache der geringeren Anschliefsung vorhanden ist, Veranlassung geben.

In allen bisherigen Störungsrechnungen und Tafeln, sind die beiden Theile, die Einwirkung des störenden Planeten auf den gestörten unmittel-

bar, und die auf den Centralkörper, die Sonne, auf welchen wir die Planetenbewegungen beziehen, so zusammen verbunden und gemischt angegeben, dafs man ohne weitläuftigere Wiederholung der Rechnung beide nicht von einander trennen kann. Sollte indessen die Newton'sche Annahme nicht völlig strenge zu nehmen sein, so würde eine solche Trennung nothwendig. In der folgenden Behandlung habe ich deshalb die Einwirkung des Jupiters auf die Sonne strenge geschieden von der auf die Vesta, und bezeichne die Anziehungskraft des Jupiters in Bezug auf die Sonne mit $2_{\odot}$, auf die Vesta mit $2_{\vec{\jmath}}$, beide in den gewöhnlichen Einheiten verstanden.

Vesta der jüngste der neueren Planeten, ist bei seiner geringeren Neigung und Excentricität unter ihnen derjenige, auf welchen sich die Störungsformeln in analytischer Reihenentwickelung noch am besten anwenden lassen. Auch hat bereits Daussy, Tafeln für die Vesta geliefert, welche auf nicht mehr als neunjährige Beobachtung gegründet, doch den Lauf der Vesta mit verhältnifsmäfsiger Genauigkeit darstellen. Da indessen schon bei diesen Tafeln die Zahl der Gleichungen sehr grofs ist, ohne dafs man doch völlig sicher sein kann keine von Bedeutung übergangen zu haben, und der Unterschied der Anziehung, wenn er vorhanden ist, aller Wahrscheinlichkeit nach so klein ist, dafs eine grofse Schärfe der Bestimmungen nöthig wird, so habe ich die numerische Ausführung der Integrationen durch mechanische Quadratur vorgezogen, bei welcher sich die Gewifsheit einer grofsen Annäherung an die Wahrheit leichter erreichen läfst. Indessen haben Daussy's Tafeln mir doch die grofse Hülfe gewährt, die hauptsächlichsten periodischen Störungen durch Saturn und Mars aus ihnen entlehnen zu können. Die nachher aufgeführten sogenannten osculirenden Elemente, sind deshalb so zu verstehen, dafs sie nur die Jupitersstörungen in sich begreifen. Von Saturn und Mars wird bei jeder einzelnen Ortsbestimmung auf die gewöhnliche Art Rechnung getragen.

Als Grundlage dienten Elemente, welche ich bei einer früheren Bestimmung aus den fünf Oppositionen 1818-1823 abgeleitet (*). Mit ihnen wurde bis zu der Zeit der Entdeckung der Vesta zurückgegangen, und die Opposition von 1825 noch mitgenommen. Die Genauigkeit mit welcher diese Elemente alle 14 Oppositionen in diesen 18 Jahren darstellen, wie die

(*) Berlin. Jahrb. 1827. 138.

nachherigen Bedingungsgleichungen ausweisen, liefs keinen Zweifel übrig, dafs sie nicht genau genug den jedesmaligen Ort der Vesta zum Behuf der Störungsrechnungen angegeben hätten. Als Zeitintervall wurde der Zeitraum von 42 Tagen gewählt, der der 12te Theil der mittleren synodischen Umlaufszeit der Vesta ist. Die Kleinheit dieses Intervalls erlaubte durch die Bildung von Differenzen sich gegen etwanige Fehler der Rechnung sicher zu stellen. Nach jedem 6ten oder 7ten Intervalle, einem Zeitraume von 252 oder 294 Tagen wurden die Elemente den inzwischen erfolgten Störungen gemäfs geändert, so dafs man immer annehmen kann, der heliocentrische Ort der Vesta sei mit einem Grade von Zuverlässigkeit berechnet, der in einigem Verhältnisse zu der Genauigkeit der Jupitersörter steht, welche aus den Bouvard'schen Tafeln genommen wurden. Als Jupitersmasse ward die Bestimmung von Nicolai

$$\mathfrak{A}_{\text{♁}} = \mathfrak{A}_{\odot} = \frac{1}{1053,924}$$

zum Grunde gelegt.

Eine erwünschte Prüfung dieser vorläufigen, aus den späteren Oppositionen hergeleiteten Elemente gewährten die ersten Beobachtungen gleich nach der Entdeckung durch Herrn Dr. Olbers. Bekanntlich ward die Beharrlichkeit, mit welcher Herr Dr. Olbers seiner so sinnreichen Hypothese zufolge, etwanige neue zur Familie der Asteroïden gehörige Himmelskörper in zwei bestimmten Himmelsgegenden lange Zeit hindurch suchte, am 29sten März 1807 durch die Entdeckung der Vesta auf das glänzendste belohnt. Der Planet hatte nur wenige Tage vorher in Opposition mit der Sonne gestanden, so dafs bei gut bestimmten Elementen, sich aus den ersten Beobachtungen die Opposition von 1807 wohl berechnen liefs. Meine vorläufigen Elemente von 1819 vermittelst der Jupitersstörungen allein auf 1807 übergetragen, gaben für diese ersten Beobachtungen

	Berech. — Beob. AR.	Decl.
1807 März 29	— 47,6	———
"	— 59,6	+ 30,6
30	— 40,4	———
"	— 34,8	+ 30,8
"	— 45,6	+ 9,8
April 1	— 44,7	+ 7,6
2	— 36,4	+ 4,6
3	— 38,2	+ 8,8
4	— 40,6	— 2,3

Im Mittel nahm ich, den besser stimmenden Declinationen allein folgend an:

Diff. in AR. — 43″,1. Decl. + 7″,7

woraus die erste Opposition folgte:

1807 März 21 23^h 0′ 58″,7 Mittl. Par. Zeit.
Geoc. Länge 180° 54′ 53″,4
» Breite + 12 23 1,7

etwas, jedoch nicht bedeutend verschieden von dem Werthe, welchen Herr Daussy bei seinen Tafeln zum Grunde gelegt hat.

Alle übrigen Oppositionen, deren Zeiten und Werthe in der folgenden Übersicht zusammengestellt sind, nahm ich genau so, wie sie den von dem Herrn Hofrath Gaufs, Professor Gerling, und mir früher gemachten Berechnungen zufolge angesetzt waren. Vielleicht dafs eine noehmalige Reduction der Beobachtungen, wenn man im Besitze der Originale wäre, hin und wieder kleine Verschiedenheiten geben würde. Indessen fehlten theils diese Originalbeobachtungen, theils möchte die Unsicherheit der bei den ersten Oppositionen noch vorzugsweise angewandten Kreismikrometer, nicht viel kleiner sein als die etwanigen Correctionen durch genauere Sternörter. Seitdem Deutschland in den Besitz mehrerer der vorzüglichsten Meridian-Instrumente gekommen ist, und unsere ersten Astronomen diese neuen Planeten, welche im Auslande etwas vernachlässigt zu werden scheinen, ihrer sorgfältigen Aufmerksamkeit würdigen, wird der Werth der früheren Oppositionen sich verringern, sobald eine hinlängliche Anzahl sicher bestimmter vorhanden ist. Wenigstens möchten diese früheren Bestimmungen dann nur mit einem kleineren Gewichte in Anschlag zu bringen sein. Diese Oppositionen finden sich berechnet in folgenden Schriften:

Oppositionen der Vesta.

1808.	Monatl. Corr.	XIX. 407.	1818.	Astr. Jahrb.	1821. p. 220.
1810.	ibid.	XXI. 386.	1819.	ibid.	1823. » 223.
1811.	Astr. Jahrb.	1814. p. 248.	1821.	ibid.	1824. » 224.
1812.	Monatl. Corr.	XXVII. 94.	1822.	ibid.	1825. » 180.
1814.	Gött. gel. Anz.	1814. p. 1283.	1823.	ibid.	1827. » 137.
1815.	Astr. Zeitschr.	I. 336.	1825.	ibid.	1828. » 156.
1816.	ibid.	III. 324.			

Ihre Werthe und Zeiten, die letzteren auf den Pariser Meridian bezogen, die Längen vom mittleren Äquinoctium derselben Zeit an gezählt, denen ich den Radius vector und die Breite der Sonne nach Carlini's Tafeln hinzufüge, sind die folgenden.

Opposition. ♁	Mittl. Par. Zeit.	Helioc. Länge. ♁	Geoc. Breite. ♁	Radius vector der Sonne.	Breite der Sonne.
1807 März..... 21	23h 0′ 59″	180° 54′ 53,4″	+ 12° 23′ 1,7″	9,9987628	— 0,67″
1808 September. 8	7 22 32	345 53 38,5	— 11 0 25,8	0,0028190	+ 0,10
1810 Januar..... 1	2 30 58	100 36 29,1	— 0 30 51,2	9,9926628	+ 0,66
1811 Mai 25	12 14 6	243 48 43,9	+ 8 33 59,5	0,0058253	— 0,59
1812 October.... 25	8 24 19	32 17 40,8	— 11 5 32,3	9,9970825	— 0,59
1814 Februar.... 13	8 35 15	144 34 54,5	+ 8 2 8,6	9,9947491	+ 0,05
1815 Juli 31	16 33 46	307 59 48,7	— 5 29 31,3	0,0063511	— 0,03
1816 December.. 4	15 4 36	72 56 12,4	— 5 50 30,7	9,9933919	+ 0,43
1818 April..... 8	23 55 40	199 1 49,7	+ 12 53 5,7	0,0010734	+ 0,75
1819 September. 24	14 47 5	1 11 3,2	— 11 50 51,8	0,0009986	— 0,83
1821 Januar..... 13	8 37 55	113 26 1,9	+ 2 5 28,5	9,9928389	+ 0,40
1822 Juni..... 15	22 53 30	264 38 53,0	+ 4 19 7,5	0,0069637	+ 0,41
1823 November. 7	19 7 25	45 6 19,9	— 9 53 28,8	9,9957116	+ 0,17
1825 Februar.... 28	10 8 15	160 4 44,6	+ 10 20 12,0	9,9962575	— 0,16

Als Anfangsepoche für die Elemente ward der Zeitpunkt gewählt, den auch der Herr Hofrath Gauſs und Professor Nicolai bei der Pallas und Juno angenommen, nämlich der Anfang von 1810. Die vorläufigen Elemente darauf zurückgeführt, und nur in Kleinigkeiten geändert um runde Zahlen zu erhalten, waren um diese Zeit die folgenden:

Epoche 1810. Jan. 0 Mittl. Par. Zeit.

Mittlere Länge	105°53′10,″0	$= L$
Mittlere Anomalie	216 5 50,0	$= M$
Länge des Perihels	249 47 20,0	$= \pi$
Länge des aufsteigenden Knotens	103 7 50,0	$= \Omega$
Neigung	7 8 10,0	$= i$
Excentricitätswinkel	5 9 45,0	$= \phi$
$\{e = \sin \phi\}$		
Mittlere tägliche siderische Bewegung	978,30000	$= \mu$

Für jedes der in den folgenden Tabellen angegebenen Zeitmomente, die stets den Oppositionen möglichst nahe gewählt sind, erhält man die in Bezug auf die Jupitersstörungen corrigirten Elemente, wenn man zu π, Ω, i, ϕ, μ, die angegebenen Incremente addirt, zu L und M aber $\mu t + \Delta L$, und $\mu t + \Delta M$ hinzufügt, wo t die seit 1810 verschlossenen mittleren Tage

bezeichnet, negativ genommen vor 1810, und μ die obige Constante ist. Die Columne ΔM ward nur als eine Prüfung der Rechnung angesetzt, und unabhängig gefunden, woraus sich auch der hin und wieder statt findende Unterschied einiger Hunderttheile von Secunden zwischen ΔM und $\Delta L - \Delta\pi$ erklärt. Die erste Tabelle enthält die Incremente welche aus $\mathfrak{A}_{\square}$ folgen die zweite die aus $\mathfrak{A}_{\odot}$.

I. $\mathfrak{A}_{\square} = \frac{1}{1053,924}$

Datum.	t	Δi	$\Delta \Omega$	$\Delta \phi$	$\Delta \pi$	$\Delta \mu$	ΔL	ΔM
1807 Mrz. 22,0	−1015	+ 6″,85	+307″,39	−619″,49	+ 321″,54	−0″,04690	+1395″,79	+1074″,22
1808 Sptb. 8,0	− 479	− 8,02	+240,14	−337,60	+ 783,90	−1,97059	+ 716,97	− 66,98
1810 Jan. 1,0	+ 1	+ 0,02	+ 0,01	+ 0,38	+ 2,00	+0,00275	+ 0,11	− 1,89
1811 Mai 26,0	+ 511	+ 3,02	+ 21,26	+ 54,10	+ 988,80	+0,65988	+ 312,16	− 676,64
1812 Octb. 25,0	+1029	+ 2,53	+ 22,98	+ 10,86	+1768,06	+0,22681	+ 678,60	−1089,47
1814 Febr. 13,0	+1505	−10,12	+ 7,56	−238,97	+1189,13	−1,34189	+ 303,64	− 885,49
1815 Aug. 1,0	+2039	−10,82	−123,06	−472,74	+1538,19	+0,09637	− 219,04	−1757,23
1816 Dcb. 4,5	+2530,5	−10,56	−102,92	−503,81	+1068,21	+0,29685	− 9,77	−1077,98
1818 Apr. 9,0	+3021	−12,25	−110,21	−481,58	+ 105,83	−0,32241	+ 107,65	+ 1,82
1819 Sptb. 24,5	+3554,5	−17,86	−152,53	−249,12	−2476,82	−0,67935	− 777,64	+1699,17
1821 Jan. 13,5	+4031,5	−13,85	−198,79	− 99,71	−3451,54	+0,53529	− 705,48	+2746,07
1822 Jun. 15,5	+4549,5	−13,03	−177,34	− 52,69	−2947,05	+0,65913	− 256,33	+2690,72
1823 Nvb. 7,5	+5059,5	−14,55	−203,35	−119,55	−1329,78	−0,50007	− 82,54	+1247,23
1825 Febr. 28,5	+5538,5	−20,99	−235,68	−408,03	+ 792,30	−1,12276	−1143,61	−1935,94

II. $\mathfrak{A}_{\odot} = \frac{1}{1053,924}$

Datum.	t	Δi	$\Delta \Omega$	$\Delta \phi$	$\Delta \pi$	$\Delta \mu$	ΔL	ΔM
1807 Mrz. 22,0	−1015	+0″,72	−61″,90	+297″,13	− 151″,83	−0″,41075	− 648″,24	− 496″,42
1808 Sptb. 8,0	− 479	+5,05	−60,33	+139,76	+ 351,28	+0,74576	− 385,41	− 736,68
1810 Jan. 1,0	+ 1	−0,02	− 0,01	− 0,31	− 2,93	−0,00268	+ 0,12	+ 3,05
1811 Mai 26,0	+ 511	−3,95	−42,57	− 36,06	−1821,41	−1,14367	− 424,36	+1397,04
1812 Octb. 25,0	+1029	−2,30	−45,32	+ 8,59	−3409,00	−0,29099	− 982,02	+2426,95
1814 Febr. 13,0	+1505	+1,84	−49,04	+138,05	−3724,08	+0,47419	− 782,79	+2941,26
1815 Aug. 1,0	+2039	−1,25	−11,09	+274,25	−3429,84	−0,45204	− 609,86	+2819,94
1816 Dcb. 4,5	+2530,5	−1,24	−66,73	+328,51	−2356,47	−0,89089	−1157,42	+1199,01
1818 Apr. 9,0	+3021	+2,80	−57,30	+338,47	− 738,47	+0,12819	−1462,54	− 724,08
1819 Sptb. 24,5	+3554,5	+4,00	−44,41	+239,89	+ 351,49	+0,42684	−1031,78	−1383,30
1821 Jan. 13,5	+4031,5	−1,71	− 7,12	+ 68,07	+ 515,41	−0,75913	−1064,39	−1579,83
1822 Jun. 15,5	+4549,5	−3,53	−66,98	− 22,67	− 715,95	−1,10462	−1826,27	−1110,35
1823 Nvb. 7,5	+5059,5	−0,25	−42,15	− 25,71	−2636,98	+0,19759	−2060,44	+ 576,53
1825 Febr. 28,5	+5538,5	+0,76	−34,86	+ 55,80	+3447,02	+0,35763	−1689,45	+1757,56

Mit den so gebildeten jedesmaligen Elementen wurden die sämmtlichen 14 Oppositionen berechnet, wobei den Daufsyschen Tafeln zufolge, die folgenden Störungen des Saturns und Mars bei der Länge in der Bahn und dem Radius vector (Einheiten der 7ten Decimale), so wie die Praecession von 1810 an hinzugefügt wurden. Die gefundenen Differenzen und Bedingungsgleichungen der geocentrischen Breite, wurden mit dem Differential-Coefficienten $\left(\frac{d\beta}{db}\right)$ (β heliocentr., b geocentr. Breite) multiplicirt, dessen Logarithmus beigefügt ist, um die Bedingungsgleichungen allein auf den heliocentrischen Ort beziehen zu können.

Jahr.	Praecess.	♄		♂		lg. $\left(\frac{d\beta}{db}\right)$
		Δu	Δr	Δu	Δr	
1807	− 2′ 19″,48	− 0″,12	− 90	− 6″,27	− 60	9,75517
1808	− 1 5,78	− 2,33	+ 86	− 4,94	+ 99	9,76419
1810	+ 0,15	− 1,01	− 136	− 10,46	+ 111	9,78723
1811	+ 1 10,15	− 1,68	− 108	− 9,71	− 79	9,72643
1812	+ 2 21,45	+ 0,51	− 112	− 8,40	+ 90	9,78708
1814	+ 3 26,86	+ 5,18	− 43	− 12,93	+ 68	9,77163
1815	+ 4 40,15	− 2,02	− 14	− 10,74	− 102	9,73918
1816	+ 5 47,76	− 1,15	− 187	− 9,27	+ 64	9,79149
1818	+ 6 55,15	+ 11,11	− 74	− 12,59	+ 19	9,74669
1819	+ 8 8,48	− 1,12	+ 132	− 9,34	− 118	9,77359
1821	+ 9 13,99	− 5,85	− 66	− 7,49	+ 31	9,78328
1822	+ 10 25,26	+ 12,69	− 167	− 9,22	− 27	9,72407
1823	+ 11 35,33	+ 0,61	+ 218	− 5,78	− 122	9,79005
1825	+ 12 41,11	− 9,78	+ 157	− 3,72	− 2	9,76488

In dem Systeme der Bedingungsgleichungen ist, der Gleichförmigkeit der Zahlen-Coefficienten wegen, bei $\Delta\mu$, $\Delta 2_{\mathfrak{h}}$ und $\Delta 2_{\odot}$, der Coefficient durch 1000 dividirt worden, so dafs das aus der Elimination erhaltene $\Delta\mu$, $\Delta 2_{\mathfrak{h}}$, $\Delta 2_{\odot}$ eigentlich 1000 $\Delta\mu$, 1000 $\Delta 2_{\mathfrak{h}}$, 1000 $\Delta 2_{\odot}$, ist; letztere in Einheiten der oben angenommenen Jupitersmasse verstanden. Die Bedingungsgleichungen wurden durch eine mit stark veränderten Elementen durchgeführte Rechnung geprüft.

Bedingungsgleichungen der heliocentrischen Länge.

1807	$-19{,}36''$	$\left\{\begin{matrix}+1{,}085\,\Delta L - 1{,}102\,\Delta\mu - 0{,}078\,\Delta\pi \\ -1{,}915\,\Delta\phi - 0{,}007\,\Delta\Omega - 0{,}026\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+2{,}674\,\Delta 4_{\mathrm{♁}}$	$-1{,}260\,\Delta 4_{\odot}$
1808	$+5{,}86$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}998\,\Delta L - 0{,}478\,\Delta\mu + 0{,}007\,\Delta\pi \\ +1{,}997\,\Delta\phi - 0{,}005\,\Delta\Omega - 0{,}051\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}045$ "	$-0{,}103$ "
1810	$-19{,}24$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}855\,\Delta L + 0{,}001\,\Delta\mu + 0{,}137\,\Delta\pi \\ -0{,}981\,\Delta\phi + 0{,}008\,\Delta\Omega + 0{,}006\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$0{,}000$ "	$0{,}000$ "
1811	$+7{,}32$	$\left\{\begin{matrix}+1{,}200\,\Delta L + 0{,}613\,\Delta\mu - 0{,}201\,\Delta\pi \\ -0{,}218\,\Delta\phi + 0{,}001\,\Delta\Omega + 0{,}061\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}164$ "	$-0{,}135$ "
1812	$-0{,}78$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}878\,\Delta L + 0{,}903\,\Delta\mu + 0{,}129\,\Delta\pi \\ +1{,}178\,\Delta\phi - 0{,}006\,\Delta\Omega + 0{,}039\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}836$ "	$-1{,}290$ "
1814	$-14{,}65$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}967\,\Delta L + 1{,}455\,\Delta\mu + 0{,}032\,\Delta\pi \\ -1{,}922\,\Delta\phi + 0{,}001\,\Delta\Omega - 0{,}062\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}792$ "	$-1{,}142$ "
1815	$+19{,}78$	$\left\{\begin{matrix}+1{,}102\,\Delta L + 2{,}246\,\Delta\mu - 0{,}107\,\Delta\pi \\ +1{,}754\,\Delta\phi + 0{,}005\,\Delta\Omega - 0{,}048\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$-1{,}235$ "	$+0{,}176$ "
1816	$-9{,}08$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}837\,\Delta L + 2{,}118\,\Delta\mu + 0{,}159\,\Delta\pi \\ -0{,}107\,\Delta\phi + 0{,}004\,\Delta\Omega + 0{,}054\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}215$ "	$-1{,}380$ "
1818	$+8{,}07$	$\left\{\begin{matrix}+1{,}138\,\Delta L + 3{,}439\,\Delta\mu - 0{,}131\,\Delta\pi \\ -1{,}616\,\Delta\phi - 0{,}008\,\Delta\Omega + 0{,}013\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}888$ "	$-2{,}115$ "
1819	$+9{,}77$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}952\,\Delta L + 3{,}384\,\Delta\mu + 0{,}055\,\Delta\pi \\ +1{,}844\,\Delta\phi - 0{,}007\,\Delta\Omega - 0{,}026\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$-1{,}335$ "	$-0{,}520$ "
1821	$-9{,}02$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}880\,\Delta L + 3{,}548\,\Delta\mu + 0{,}113\,\Delta\pi \\ -1{,}345\,\Delta\phi + 0{,}007\,\Delta\Omega - 0{,}022\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$-0{,}877$ "	$-0{,}970$ "
1822	$+24{,}70$	$\left\{\begin{matrix}+1{,}187\,\Delta L + 5{,}402\,\Delta\mu - 0{,}193\,\Delta\pi \\ +0{,}554\,\Delta\phi + 0{,}006\,\Delta\Omega + 0{,}038\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}234$ "	$-2{,}043$ "
1823	$+2{,}47$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}857\,\Delta L + 4{,}335\,\Delta\mu + 0{,}147\,\Delta\pi \\ +0{,}785\,\Delta\phi - 0{,}003\,\Delta\Omega + 0{,}056\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$-0{,}360$ "	$-2{,}172$ "
1825	$+4{,}30$	$\left\{\begin{matrix}+1{,}018\,\Delta L + 5{,}639\,\Delta\mu - 0{,}015\,\Delta\pi \\ -2{,}015\,\Delta\phi - 0{,}003\,\Delta\Omega - 0{,}057\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$-0{,}352$ "	$-1{,}781$ "

Bedingungsgleichungen der heliocentrischen Breite.

1807	$-5{,}47''$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}036\,\Delta L - 0{,}024\,\Delta\mu - 0{,}010\,\Delta\pi \\ -0{,}016\,\Delta\phi - 0{,}026\,\Delta\Omega + 0{,}977\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}055\,\Delta 4_{\mathrm{♁}}$	$-0{,}030\,\Delta 4_{\odot}$
1808	$-4{,}76$	$\left\{\begin{matrix}-0{,}049\,\Delta L + 0{,}012\,\Delta\mu - 0{,}007\,\Delta\pi \\ -0{,}105\,\Delta\phi + 0{,}057\,\Delta\Omega - 0{,}889\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}038$ "	$-0{,}014$ "
1810	$-4{,}79$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}107\,\Delta L - 0{,}000\,\Delta\mu + 0{,}017\,\Delta\pi \\ -0{,}120\,\Delta\phi - 0{,}124\,\Delta\Omega - 0{,}044\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$0{,}000$ "	$0{,}000$ "
1811	$-10{,}08$	$\left\{\begin{matrix}-0{,}115\,\Delta L - 0{,}049\,\Delta\mu + 0{,}019\,\Delta\pi \\ +0{,}097\,\Delta\phi + 0{,}096\,\Delta\Omega + 0{,}634\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$-0{,}002$ "	$-0{,}007$ "
1812	$+5{,}78$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}039\,\Delta L + 0{,}030\,\Delta\mu + 0{,}001\,\Delta\pi \\ +0{,}103\,\Delta\phi - 0{,}041\,\Delta\Omega - 0{,}945\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}025$ "	$-0{,}035$ "
1814	$+0{,}03$	$\left\{\begin{matrix}+0{,}095\,\Delta L + 0{,}151\,\Delta\mu - 0{,}002\,\Delta\pi \\ -0{,}193\,\Delta\phi - 0{,}093\,\Delta\Omega + 0{,}661\,\Delta i\end{matrix}\right\}$	$+0{,}055$ "	$-0{,}085$ "

1815	— 6,61	$\left\{\begin{matrix} -0{,}121\,\Delta L - 0{,}253\,\Delta\mu + 0{,}009\,\Delta\pi \\ -0{,}222\,\Delta\phi + 0{,}113\,\Delta\Omega - 0{,}420\,\Delta i \end{matrix}\right\}$	+ 0,135 Δ24♁	— 0,014 Δ24⊙
1816	+ 3,90	$\left\{\begin{matrix} +0{,}090\,\Delta L + 0{,}222\,\Delta\mu + 0{,}017\,\Delta\pi \\ +0{,}024\,\Delta\phi - 0{,}107\,\Delta\Omega - 0{,}504\,\Delta i \end{matrix}\right\}$	+ 0,022 "	— 0,124 "
1818	— 1,21	$\left\{\begin{matrix} -0{,}007\,\Delta L - 0{,}007\,\Delta\mu - 0{,}006\,\Delta\pi \\ +0{,}086\,\Delta\phi + 0{,}013\,\Delta\Omega + 0{,}995\,\Delta i \end{matrix}\right\}$	— 0,061 "	+ 0,046 "
1819	— 3,32	$\left\{\begin{matrix} -0{,}018\,\Delta L - 0{,}071\,\Delta\mu - 0{,}008\,\Delta\pi \\ -0{,}017\,\Delta\phi + 0{,}026\,\Delta\Omega - 0{,}978\,\Delta i \end{matrix}\right\}$	+ 0,060 "	+ 0,001 "
1821	+ 1,48	$\left\{\begin{matrix} +0{,}109\,\Delta L + 0{,}442\,\Delta\mu + 0{,}013\,\Delta\pi \\ -0{,}175\,\Delta\phi - 0{,}122\,\Delta\Omega + 0{,}177\,\Delta i \end{matrix}\right\}$	— 0,082 "	— 0,122 "
1822	— 6,48	$\left\{\begin{matrix} -0{,}141\,\Delta L - 0{,}649\,\Delta\mu + 0{,}024\,\Delta\pi \\ -0{,}028\,\Delta\phi + 0{,}118\,\Delta\Omega + 0{,}319\,\Delta i \end{matrix}\right\}$	— 0,054 "	+ 0,228 "
1823	+ 1,46	$\left\{\begin{matrix} +0{,}058\,\Delta L + 0{,}285\,\Delta\mu + 0{,}007\,\Delta\pi \\ +0{,}107\,\Delta\phi - 0{,}066\,\Delta\Omega - 0{,}851\,\Delta i \end{matrix}\right\}$	+ 0,003 "	— 0,141 "
1825	+ 1,54	$\left\{\begin{matrix} +0{,}076\,\Delta L + 0{,}430\,\Delta\mu - 0{,}008\,\Delta\pi \\ -0{,}138\,\Delta\phi - 0{,}068\,\Delta\Omega + 0{,}837\,\Delta i \end{matrix}\right\}$	— 0,050 "	— 0,102 "

Sucht man aus diesen Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate die Werthe der Correctionen, so dafs man sie und die übrig bleibenden Fehler als Functionen der Jupitersmasse darstellt, so erhält man folgende Elemente:

Epoche 1810. Januar 0. Mittl. Par. Zeit und Mittl. Aequin.

L =	105°53′ 15,″63	— 0,644 Δ24♁	+ 0,504 Δ24⊙
M =	216 4 48,72	— 1,607 "	— 0,513 "
π =	249 48 26,91	+ 0,963 "	+ 1,017 "
Ω =	103 8 20,48	+ 0,007 "	+ 0,116 "
i =	7 8 11,64	+ 0,020 "	— 0,007 "
ϕ =	5 9 39,17	+ 0,334 "	— 0,187 "
μ =	978,29671	+ 0,0002512 "	+0,0002311 "

und die übrig bleibenden Fehler sind:

Fehler in heliocentrischer Länge.
Rechnung — Beobachtung.

1807	— 3,″95	+ 0,983 Δ24♁	— 0,″691 Δ24⊙
1808	+ 1,64	— 0,045 "	— 0,077 "
1810	+ 0,71	— 0,746 "	+ 0,754 "
1811	0,00	— 0,721 "	+ 0,447 "
1812	+ 2,80	+ 1,015 "	— 0,729 "
1814	— 0,71	— 0,076 "	+ 0,073 "
1815	+ 1,29	— 0,899 "	+ 0,815 "
1816	+ 0,16	+ 0,327 "	— 0,287 "
1818	+ 3,63	+ 0,354 "	— 0,579 "
1819	— 3,34	— 0,430 "	+ 0,453 "
1821	— 0,17	— 0,893 "	+ 0,659 "
1822	— 2,31	+ 0,827 "	— 0,496 "
1823	— 1,74	+ 0,582 "	— 0,737 "
1825	+ 2,03	— 0,279 "	+ 0,396 "

Fehler in heliocentrischer Breite.

1807	− 4″,97	+ 0,030 $\Delta\mathfrak{Z}_{\text{♁}}$	− 0,034 $\Delta\mathfrak{Z}_{\odot}$
1808	− 4,64	+ 0,014 „	− 0,011 „
1810	− 6,19	− 0,094 „	+ 0,080 „
1811	− 5,91	+ 0,123 „	− 0,068 „
1812	+ 2,61	+ 0,024 „	− 0,025 „
1814	− 0,69	− 0,022 „	+ 0,017 „
1815	− 1,84	+ 0,076 „	− 0,068 „
1816	+ 0,60	+ 0,034 „	− 0,024 „
1818	− 0,09	− 0,015 „	+ 0,014 „
1819	− 4,45	+ 0,021 „	− 0,020 „
1821	− 0,90	− 0,084 „	+ 0,065 „
1822	+ 0,73	− 0,106 „	+ 0,047 „
1823	− 2,67	+ 0,063 „	− 0,060 „
1825	+ 0,14	− 0,028 „	+ 0,040 „

Die Fehler der Breite können nichts entscheiden über die Jupitersmasse, bei jeder Annahme werden sie ungefähr dieselbe Gröſse behalten, die groſsentheils in der Unvollkommenheit der Hülfsmittel mit welchen die ersteren Oppositionen beobachtet wurden, und der Unsicherheit der Sternörter ihren Grund hat. Auch der gröſsere Fehler bei der Opposition 1819 trift auf eine Opposition, welche ich allein aus meinen Seeberger Beobachtungen herleiten konnte, wo das Höhen messende Instrument, sehr gegen die neueren Meridiankreise, und das Königsberger bei einigen früheren Oppositionen angewandte Instrument zurück stand.

Ähnlich ist das Verhalten der Längenfehler in Hinsicht auf die Gröſse derselben. Fast durchaus finden die gröſseren Fehler da statt, wo wenige und weniger sichere Beobachtungen benutzt werden muſsten. Die Übereinstimmung kann in dieser Beziehung fast vollkommen genannt werden.

Bildet man die Quadrate der Längenfehler, (ihre Summe wenn $\Delta\mathfrak{Z}_{\text{♁}}$ und $\Delta\mathfrak{Z}_{\odot} = 0$ gesetzt wird ist $= 65{,}68$) so läſst sich ihr mit Beibehaltung der etwanigen Massencorrectionen die folgende Form geben:

$$59{,}65 + 0{,}3116\,(\Delta\mathfrak{Z}_{\odot} - 3{,}697)^2$$
$$+ 6{,}2007\,(\Delta\mathfrak{Z}_{\text{♁}} - 0{,}818\,\Delta\mathfrak{Z}_{\odot} - 0{,}534)^2$$

woraus man sieht daſs durch die Masse nach Nicolai angenommen, die sämmtlichen Oppositionen so gut dargestellt werden, wie nur irgend erreicht werden kann. Die kleine mögliche Verringerung wird wohl als ganz unentscheidend betrachtet werden können.

Merklich geringer wird dagegen der Anschluſs im allgemeinen, wenn man die neueste Masse von Bouvard $\frac{1}{1070{,}5}$ anwendet. Für diese wird

$$\Delta \mathfrak{A}_{\text{♁}} = \Delta \mathfrak{A}_{\odot} = -15{,}48$$

wodurch die Längen und Breitenfehler werden

− 8″,47	− 4,91
+ 3,52	− 4,68
+ 0,58	− 5,97
+ 4,24	− 6,77
− 1,63	+ 2,63
− 0,65	− 0,61
+ 2,59	− 1,96
− 0,47	+ 0,45
+ 7,12	− 0,07
− 3,70	− 4,46
+ 3,44	− 0,61
− 7,43	+ 1,63
+ 0,66	− 2,71
+ 0,22	− 0,05

Die Summe der Quadrate der ersteren allein wird = 244,61, oder der mittlere Fehler etwa doppelt so groſs als bei der ersteren Annahme. Es scheint hiernach ziemlich wahrscheinlich, daſs im Ganzen die Vesta die Resultate aus der Pallas und Juno bestätigt.

Bezeichnet man eine etwanige Differenz zwischen $\mathfrak{A}_{\text{♁}}$ und $\mathfrak{A}_{\odot}$ durch Δ oder setzt

$$\mathfrak{A}_{\text{♁}} = \mathfrak{A}_{\odot} \pm \Delta$$

so giebt der obige Ausdruck zu erkennen, daſs, welches Zeichen man auch dem Δ geben mag, immer bei einem merklichen Δ, welches nicht einmal der Differenz zwischen Bouvard und Nicolai gleich zu kommen braucht, doch die Fehler merklich gröſser werden, da man in dieser Hypothese doch von dem gegenwärtigen Werthe von $\mathfrak{A}_{\odot}$ sich nicht weit entfernen darf. Behielte man z. B. für $\mathfrak{A}_{\odot}$ die Nicolai'sche Masse bei, und setzte die Differenz $= \pm \frac{1}{100}$ der angenommenen, so würde in den beiden Fällen die Fehlertabelle der Längenfehler:

+ 5,9	− 13,8
+ 1,2	+ 2,0
− 6,7	+ 8,1
− 7,2	+ 7,2
+ 13,0	− 7,3
− 1,5	0,0
− 7,7	+ 10,2
+ 3,4	− 3,0
+ 7,2	+ 0,1
− 7,6	+ 1,0
− 9,1	+ 8,7
+ 5,9	− 10,6
+ 4,1	− 7,6
− 0,8	+ 4,8

deren Summe der Quadrate jedesmal 600 überschreitet, oder das zehnfache von der auf gewöhnlichem Wege gefundenen ist. So viel die bisherigen Oppositionen schliefsen lassen, scheint daher Vesta für das Newton'sche Gesetz der einfachen Proportionalität der Anziehung mit den Massen zu sprechen.

Endlich sind die letzten Divisoren von $L\mu\pi\phi\Omega i$, der Ordnung nach bei allen 28 Gleichungen

6,343; 59,116; 0,211; 29,100; 0,101; 7,134.

Nimmt man als mittleren Fehler im Maximum für eine einzelne Stellung 4″ an, eine Schätzung die vielleicht nicht zu klein sein mag, so ist der mittlere Fehler von

L	1″6
μ	0, 00052
π	8, 7
ϕ	0, 7
Ω	12, 6
i	1, 5

wornach sich hoffen läfst, dafs eine Verbesserung der Elemente erst nach einer gröfseren Anzahl von neuen gut bestimmten Oppositionen nöthig sein dürfte.

Digitized by Google

Über das

Gleichgewicht eines freien materiellen Punktes.

Von

H^m. DIRKSEN.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 2. März 1826.]

Unter den verschiedenen Zweigen der Mathematik, welche die Theorie der allgemeinen und räumlichen Gröfsen als bekannt voraussetzen, dürfte beschwerlich einer nachzuweisen seyn, der, in sofern man den Hauptbegriff desselben, sowohl in Bezug auf die Form, als auf den Inhalt, als ein Gegebenes betrachtet, in seinen Ergebnissen zu einer höheren Stufe der Ausbildung gelangt wäre, als die rationelle Mechanik. Obgleich durch die Betrachtung der Naturerscheinungen erzeugt, und in ihrer Entwickelung geleitet, ist dennoch ihr Gegenstand, wenigstens seinem Inhalte nach, zu der möglich gröfsten Allgemeinheit erhoben, und sind für die Lösung ihrer Probleme (was nahmentlich die Bildung der analytischen Gleichungen anbelangt, von denen solche abhängig gemacht werden kann) Methoden ermittelt worden, denen in mancher Beziehung der Character der Vollendung kaum streitig zu machen seyn dürfte.

So allgemein sie nun ihren Gegenstand, dem Inhalte nach, unter der fixirten Form, behandelt, eben so einfach ist sie auch in Beziehung auf die Idee, nach welcher sie ihren systematischen Zusammenhang zu verwirklichen sucht. Indem sie nahmentlich ihre Hauptbetrachtungen zunächst auf die Bedingungen des Gleichgewichts eines, von drei Kräften angeregten, freien materiellen Punktes richtet, schreitet sie, nach einer leichten Verallgemeinerung des erhaltenen Lehrsatzes, zur Betrachtung eines bedingten Punktes fort, macht darauf zu einem bestimmten Systeme von materiellen Punkten den Übergang, und erhebt sich endlich zu der Bestimmung der Bedingungen des Gleichgewichts für ein System von materiellen Punkten überhaupt. Aus

der, auf diesem Wege gewonnenen allgemeinen statischen Gleichung, in Verbindung mit einem, an sich beliebigen, Satze, welcher die Relation zwischen der Intensität einer Kraft und der entsprechenden Geschwindigkeit feststellt, leitet sie ferner die allgemeine Gleichung für die Dynamik ab, aus welcher sich alsdann die besonderen Gleichungen, nach Maafsgabe der Individualität des Problems, mittelst Specialisirung der unbestimmt gehaltenen Elemente, und durch analytische Rechnung, nach einer festen Methode, ermitteln lassen.

Hiernach ist es einleuchtend, dafs, wofern in diesem Gebiete noch etwas Wesentliches zu leisten übrig seyn soll, solches nur wird bestehen können, theils in einer schärfern Begründung jenes Lehrsatzes an sich; theils in der Vermittelung eines strengeren Überganges von diesem zu den folgenden Hauptmomenten der Wissenschaft; theils endlich in der Ausbildung der analytischen Methoden für die Behandlung der Specialgleichungen, die, nach Maafsgabe der Verschiedenheit der Fälle, aus der allgemeinen entspringen.

Was jenen Lehrsatz, die Bedingungen des Gleichgewichts eines, von drei Kräften angeregten, freien materiellen Punktes betreffend, anbelangt, so wurde derselbe Anfangs aus der Betrachtung der zusammengesetzten Bewegung entlehnt. Daniel Bernoulli war es aber, der, in den *Comment. acad. Petrop. An.* 1726, darauf aufmerksam machte, dafs, da der Satz für die zusammengesetzte Bewegung auf der, an sich nicht nothwendigen, Annahme der Proportionalität zwischen der Intensität einer Kraft und dem Quotienten des Increments der Geschwindigkeit durch das Element der Zeit, beruhe, auf diesem Wege keine strenge Nothwendigkeit für den in Rede stehenden Lehrsatz zu erlangen sei, und es versuchte, einen so genannten geometrischen Beweis desselben zu Stande zu bringen. Die Idee, welcher Bernoulli in diesen seinen Bestrebungen zu entsprechen trachtete, war keine andere, als diejenige, nach welcher die alten Geometer ihre wissenschaftlichen Lehrgebäude auf eine so musterhafte Weise aufzuführen pflegten; und was man auch, bis auf den heutigen Tag, an den daraus entsprungenen Leistungen abzuändern gefunden haben mag, so dürfte dennoch, da die Satzungen, von denen der Auslauf genommen, meistentheils dieselben geblieben sind, das Verdienst von Bernoulli, auch in dieser Beziehung, als ein wesentliches zu betrachten bleiben.

In sofern man aber die Anforderung festhält, nach dem Vorbilde der Alten, blofs von allgemeinen Verstandessätzen, in Verein mit Erklärungen auszugehen, welche die besonderen, den Gegenstand der Wissenschaft bildenden, Begriffe nach ihren Merkmalen darlegen, und, mittelst synthetischen Fortschreitens, die Nothwendigkeit des Zusammengesetztern durch eine zweckgemäfse Verbindung jenes Einfachern darzuthun, dürften die in Rede stehenden Leistungen Bernoulli's einiges zu wünschen übrig lassen. Denn erstlich wird hier die synthetische Erklärung der beiden Hauptbegriffe vermifst, welche allein, in Verbindung mit den, als bekannt vorausgesetzten, rein mathematischen, der Statik zur Grundlage dienen sollen. Zweitens dürften, bereits aus diesem Grunde, von den vier Grundsatzungen, von welchen der Auslauf genommen wird, die beiden letzten, wenigstens vor der Hand, bezweifelt werden können. Endlich drittens dürften jene Satzungen selbst, zum Behuf einer vollkommen strengen Durchführung der Demonstrationen, an und für sich betrachtet, beschwerlich für hinreichend zu erkennen seyn. Blickt man ferner auf den Übergang, der von diesem Falle, nach gehöriger Verallgemeinerung desselben, zu den folgenden Momenten der Wissenschaft, nach und nach, genommen zu werden pflegt, so dürfte es auch schwerlich zu läugnen seyn, dafs in demselben der Grad von Evidenz und strenger Nothwendigkeit noch stets vermifst wird, welcher uns die Geometrie der Alten so schätzbar macht.

Folgende Betrachtungen enthalten daher einen anspruchslosen Versuch, sowohl um Bemerkungen dieser Art in Bezug auf die Begründung des besprochenen Lehrsatzes zu beseitigen, als auch, um zu einer strengeren Vermittelung des Überganges von diesem zu den übrigen Hauptmomenten der Wissenschaft den Grund zu legen. Dafs dieser Versuch sich von allen seinen Vorgängern, in mehreren Punkten, so wesentlich unterscheidet, dürfte um so weniger befremden, als Bestrebungen eines ganzen Jahrhunderts, an und für sich betrachtet, schon hinlänglich darauf hinzudeuten scheinen, dafs durch eine Änderung in der Stellung und Aufeinanderfolge der Grundsatzungen nichts mehr zu gewinnen sei. Der Zweck war hier, die allgemeinen Begriffe von einem materiellen Punkt und einer Kraft, wie solches der wissenschaftliche Gang erfordert, in ihren einfachsten Formen aufzustellen, und aus diesen, blofs unter Zuziehung von Sätzen, welche sich theils auf unsere Erkenntnifs überhaupt, theils auf Gegenstände der reinen Mathematik

insbesondere, beziehen, ohne irgend einen besondern Grundsatz für das in Rede stehende Gebiet selbst, mittelst synthetischen Fortschreitens und Kraft des Satzes des Widerspruchs, die, zur Lösung des allgemeinen Problems, dienlichen Lehrsätze zu ermitteln. Entsprechen also die folgenden Bestrebungen diesem Zwecke nicht, so dürfte dadurch, in sofern das Wissen in diesem Gebiete auch das Resultat einer, wenigstens in sich, wissenschaftlichen Erkenntnifs bilden soll, die Nothwendigkeit einer Wiederaufnahme des Gegenstandes ausgesprochen seyn.

Was endlich den hier gewählten Gang, mehr im Einzelnen betrachtet, anbelangt, so ist es dem Verfasser nicht entgangen, dafs derselbe sehr wohl der Abänderung, und auch der Abkürzung fähig ist. Da ihn solches jedoch auf mehr bekannte Behandlungsweisen geführt haben würde, die der hier beabsichtigten Evidenz nicht vorzugsweise förderlich zu seyn schienen, so hat er keinen Anstand genommen, sich die gröfsere Ausdehnung gefallen zu lassen.

---

§. 1.

Erklärung 1. Dinge von einerlei Qualität heifsen ähnlich, von einerlei Quantität gleich; Dinge, die ähnlich und gleich zusammen sind, und daher blofs in Ansehung ihrer Stelle im absoluten Raume und in der absoluten Zeit von einander verschieden seyn können, heifsen congruent.

Erkl. 2. Unter einer intensiven Gröfse wird hier eine solche Gröfse verstanden,

I. von welcher, an und für sich betrachtet, die dem Ganzen ähnlichen Theile, wie bei jeder stetigen Gröfse, nach Belieben klein gedacht werden können;

II. die, auf andere, ihr gleichartigen, Gröfsen bezogen, congruent ist mit jeder Mehrzahl derselben, von denen eine jede insbesondere ihr ähnlich, und die Summe der Quantitäten ihrer Quantität selbst gleich ist, in sofern man sich die Quantitäten insgesammt auf einerlei Einheit bezogen denkt; und umgekehrt, von welcher jede, unter einander ähnliche Mehrzahl congruent ist mit einer einzigen, die in Absicht auf die Qualität mit einer jeden von ihnen einerlei, und deren Quantität der Summe der Quan-

titäten von jenen, sämmtliche Quantitäten auf einerlei Einheit bezogen gedacht, gleich ist.

§. 2.

Bekanntlich mufs jeder äufsere Gegenstand, mit Nothwendigkeit, als zu irgend einem Augenblick der absoluten Zeit, und an irgend einer Stelle des absoluten Raumes vorhanden vorgestellt werden. Indem man nun den so fixirten Gegenstand mit dem Fliefsen der Zeit festhält, sind für seine Beziehung zu dem absoluten Raume, offenbar zwei Fälle denkbar: es kann nahmentlich sein Ort in diesem, entweder als stets derselbe bleibend, oder, als sich mit der Zeit beständig ändernd, gedacht werden. Daher

Erkl. 3. Bleibt der Ort des Gegenstandes in dem absoluten Raume, oder die Beziehung desselben zu dem absoluten Raum, mit dem Fliefsen der Zeit, stets derselbe, so sagt man, dafs der Gegenstand im Zustande der Ruhe, oder in Ruhe, sei; ändert sich aber dieser Ort, oder die Beziehung des Gegenstandes zu dem absoluten Raume, mit dem Fliefsen der Zeit, beständig, so sagt man, dafs der Gegenstand sich im Zustande der Bewegung, oder in Bewegung, befinde.

Für einen gegebenen Zeitpunkt kann also ein gewisser Zustand der Ruhe von einem andern Zustand der Ruhe nur durch die Stelle des absoluten Raumes, wo der Gegenstand als vorhanden gedacht wird, verschieden seyn, indefs ein gewisser Zustand der Bewegung sich von einem andern Zustand der Bewegung unterscheiden kann, nicht blofs durch den Ort, wo der Gegenstand sich gleichsam befindet, sondern auch zugleich durch denjenigen Ort, zu welchem er unmittelbar übergeht, so wie auch durch die Länge des Weges, den er, von demselben Zeitpunkte an, sofern man ihn stets als in demselben, mit dem in Rede stehenden einerlei, Zustand der Begung beharrend denkt, in einem gegebenen Zeitraum, zurücklegt. Daher

Erkl. 4. Dasjenige Moment in dem Zustande der Bewegung, durch welches der Ort im Raume bestimmt wird, zu welchem der Gegenstand, für einen gegebenen Zeitpunkt, von einem gegebenen Orte aus, unmittelbar übergeht, heifst die Richtung der Bewegung, dem gegebenen Zeitpunkte entsprechend; während dasjenige Moment, durch welches die Länge des Weges bestimmt wird, den der Gegenstand, von einem gegebenen Zeitpunkte an, in sofern man ihn als beständig in einem und demselben, mit dem für den gegebenen Zeitpunkt statt findenden einerlei, Zustand der Bewegung beharrend

denkt, in einem bestimmenden Zeitraum zurücklegt, die Geschwindigkeit der Bewegung, dem gegebenen Zeitpunkt angehörend, genannt wird.

Verbindet man hiermit Erkl. 1, so ergiebt sich folgender

Lehrs. 1. *a*) Alle Zustände der Ruhe eines Gegenstandes sind congruent.

b) Zwei Zustände der Bewegung sind congruent, wenn ihre Richtungen einerlei, d. h. einander parallel, und die Geschwindigkeiten einander gleich sind; und umgekehrt.

§. 3.

Erkl. 5. Unter einem materiellen Punkte wird hier etwas verstanden, was

I. an und für sich betrachtet, ein äufserer Gegenstand überhaupt, und, der Ausdehnung nach, mit einem geometrischen Punkte einerlei ist;

II. in seiner räumlichen Beziehung rücksichtlich der absoluten Zeit betrachtet, in einem beständig derselbe bleibenden, jedoch stets jedweder Abänderung fähigen, Zustand, entweder der Ruhe, oder der Bewegung sich befindet.

Der materielle Punkt, lediglich an und für sich und in seiner räumlichen Beziehung rücksichtlich der absoluten Zeit betrachtet, wird auch, der Kürze wegen, ein freier materieller Punkt; und diejenige Eigenschaft, vermöge welcher sein Zustand der Ruhe oder der Bewegung, lediglich auf die absolute Zeit bezogen gedacht, als unveränderlich anzusehen ist, seine Trägheit genannt.

Anmerk. Die Erklärung dessen, was unter einem materiellen Punkt verstanden werden soll, in sofern man ihn auf andere materiellen Punkte bezogen denkt, kann offenbar bei der Betrachtung eines freien materiellen Punktes entbehrt werden.

Erkl. 6. Unter einer Kraft wird hier etwas verstanden, was

I. an und für sich betrachtet, aufser den Merkmalen einer allgemeinen intensiven Gröfse, noch das qualitative Merkmal einer Richtung enthält;

II. in Beziehung auf einen freien materiellen Punkt betrachtet, mit diesem verbunden, und nur so verbunden, gedacht werden kann, dafs daraus, ohne die Qualität von diesem in irgend einer andern Beziehung zu modificiren, mit dem Augenblick der Verbindung selbst, ein, rücksichtlich der Ruhe oder der Bewegung, veränderter Zustand für den Punkt als mit Nothwendig-

keit hervorgehend gedacht werden mufs, der durch den Zustand des Punktes selbst in eben dieser Beziehung, und durch die Quantität und Qualität der Kraft völlig bestimmt, d.h. nur mit diesen Momenten veränderlich, und rücksichtlich der absoluten Zeit ebenfalls beständig ist;

III. umgekehrt, von jedem, in Absicht auf Ruhe oder Bewegung so gedachten, veränderten Zustande als die, rücksichtlich der Quantität und Qualität gleichfalls völlig bestimmte, Ursache angesehen werden kann.

Anmerk. Die Bedeutung des abgekürzten Ausdrucks: völlig bestimmt ist hier nicht zu übersehen. „*A* wird durch *B*, *C*, *D* u.s.w. völlig bestimmt" soll hier nichts weiter heifsen, als *A* ist dasselbe, wenn *B*, *C*, *D* u.s.w. resptv. dieselben sind.

Erkl. 7. Die Gröfse oder Quantität einer Kraft soll ihre Intensität genannt werden.

Anmerk. In sofern man eine Kraft lediglich in Beziehung auf ihre Stetigkeit, Intensität und Richtung auffafst, von den besonderu Merkmalen einer intensiven Gröfse also, für einen Theil, abstrahirt, sind gerade Linien, von einem gemeinschaftlichen Punkte aus gezogen, besonders geeignet, von der gegenseitigen Beziehung mehrerer Kräfte eine graphische Darstellung zu gewähren. Das, allen Kräften gemeinschaftliche, Merkmal der Stetigkeit kann alsdann durch eben diese, allen geraden Linien gleichfalls angehörende Eigenschaft, das Verhältnifs der Intensitäten von jenen durch das Verhältnifs der Längen von diesen, und die gegenseitige Beziehnung der Richtungen der Kräfte durch die der Richtungen der Linien selbst, als repräsentirt angesehen werden. Es ist unter diesem Gesichtspunkte, dafs man sich der bezeichneten Darstellungsweise sehr häufig und mit Nutzen zn bedienen pflegt.

Erkl. 8. Der üblichen Form gemäfs, soll die Verbindung von einer Kraft mit einem materiellen Punkte, als eine Einwirkung oder Anregung von Seiten der Kraft auf den Punkt bezeichnet werden.

Erkl. 9. Derjenige Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung, in welchen der materielle Punkt vor der Einwirkung von irgend einer der hier betrachteten Kräfte gedacht wird, soll der ursprüngliche Zustand desselben genannt werden.

§. 4.

Lehnsätze.

I. Dinge welche congruent sind, lassen sich einander substituiren, d. h. was von dem einen in irgend einer Beziehung gilt, wird auch von einem jeden der übrigen, in eben dieser Beziehung gedacht, gelten, und umgekehrt.

II. Alle geometrischen Punkte sind congruent.

§. 5.

Auf die vorigen Erklärungen und die obigen zwei Lehnsätze vorzugsweise gestützt, schreiten wir jetzt zu der Betrachtung von freien materiellen Punkten im ursprünglichen Zustande und von Kräften, respt. untereinander.

Da ein freier materieller Punkt, im ursprünglichen Zustande gedacht, bestimmt wird durch die Begriffe eines äufserlichen Gegenstandes überhaupt, und eines geometrischen Punktes, in Verein mit dem qualitativen Merkmal des Zustandes in Absicht auf Ruhe und Bewegung, in welchem er sich befindet (Erkl. 5.); und da alle geometrischen Punkte congruent sind (Lehns. II.): so folgt, vermöge Erkl. 1, dafs alle freien materiellen Punkte, in ihrem ursprünglichen Zustande, wofern sie sich rücksichtlich der Ruhe oder Bewegung in einerlei Zustande befinden (s. Lehrs. 1, *b.*), congruent sind. Da ferner das Verhältnifs eines freien materiellen Punktes zu einer Kraft, blofs von dieser und dem Zustande des Punktes, rücksichtlich Ruhe und Bewegung abhängig, und daher, die Kraft als gegeben betrachtet, nur mit letzterm Momente veränderlich ist (Erkl. 2, *b.*), so sind, hinsichtlich einer gegebenen Kraft, alle freien materiellen Punkte, die sich in Absicht auf Ruhe und Bewegung in einerlei Zustand befinden, congruent (Erkl. 1.). Verbindet man mit diesem Resultat Lehns. I, so erlangt man folgenden

Lehrs. 2. Alle freien materiellen Punkte in ihrem ursprünglichen Zustande, welche sich rücksichtlich der Ruhe und Bewegung in einerlei Zustand befinden, auf die Einwirkung einer gegebenen Kraft bezogen gedacht, lassen sich einander substituiren, und umgekehrt.

Da der Begriff von einer Kraft, an und für sich betrachtet, enthalten ist unter dem Begriff einer besondern Gröfse, deren Qualität in der Richtung besteht (Erkl. 6, I.), so folgt, vermöge Erkl. 1 und 7, dafs

I. Kräfte von einerlei Richtung und gleicher Intensität congruent sind.

Ferner, da der Begriff von einer Kraft vollkommen bestimmt wird durch den Begriff von einer allgemeinen intensiven Gröfse in Verbindung mit dem qualitativen Merkmal einer Richtung (Erkl. 6, I.), so folgt, vermöge Erkl. 2, dafs

II. zu jeder gegebenen Kraft sich stets mehrere Kräfte, mit ihr und unter einander von einerlei Richtung, und in Absicht auf die Intensität von beliebiger Kleinheit, denken lassen, die, zusammen genommen, mit ihr congruent seyn werden, wenn nur die Summe ihrer Intensitäten der Intensität von jener Einen Kraft gleich ist, und umgekehrt.

Verbindet man nun I und II. resptv. mit Lehnsatz I, so gewinnt man folgenden

Lehrs. 3. *a*) Alle Kräfte von einerlei Richtung und gleicher Intensität lassen sich einander substituiren.

b) Jede Eine Kraft läfst sich durch eine beliebige Mehrzahl anderer Kräfte, mit ihr und unter einander von einerlei Richtung; und umgekehrt, jede Mehrzahl von Kräften von einerlei Richtung läfst sich durch eine einzige Kraft von eben der gemeinschaftlichen Richtung substituiren, wofern nur die Summe der Intensitäten von der Mehrzahl der Intensität von jener Einen gleich ist.

§. 6.

Betrachten wir jetzt den freien materiellen Punkt in Verbindung mit Einer und mehreren Kräften.

Denkt man sich einen freien materiellen Punkt M im ursprünglichen Zustande, und ferner der Einwirkung einer Kraft unterworfen; so wird, nach Erkl. 6, II. eine Veränderung in seinem Zustande rücksichtlich der Ruhe und Bewegung erfolgen. Da aber der Punkt M in jedweder anderer Beziehung unverändert geblieben ist (Erkl. 6. II.), so wird derselbe, in seinem neuen Zustande, congruent seyn mit M, in einem solchen ursprünglichen Zustande rücksichtlich Ruhe und Bewegung gedacht, der mit jenem neuen congruent ist (Erkl. 1. und 5.), und sich daher durch diesen substituiren lassen (Lehns. I.). Da sich dieser wiederum substituiren läfst durch einen freien materiellen Punkt $M_{(1)}$, in einem, mit dem letzten congruenten ursprünglichen Zustand rücksichtlich der Ruhe und Bewegung vorausgesetzt (Lehrs. 2.), so hat man

Lehrs. 4. Alle freien materiellen Punkte, im ursprünglichen Zustande oder der Einwirkung einer Kraft unterworfen gedacht, welche sich rücksichtlich der Ruhe und Bewegung in einerlei Zustand befinden, auf die Einwirkung einer gegebenen Kraft bezogen vorgestellt, lassen sich einander substituiren; und umgekehrt.

Anmerk. Da diese Abhandlung überhaupt nur das Verhältnifs zwischen Kräften und freien materiellen Punkten betrift, so folgt schon hinlänglich, dafs in sofern von einem Substituiren letzterer für einander die Rede ist, solches nur mit Bezug auf Kräfte gemeint seyn kann.

Denkt man sich nun, dem vorigen Lehrsatze gemäfs, den Punkt M unter der Kraft K durch den Punkt $M_{(1)}$ im ursprünglichen Zustande substituirt; so wird sich dieser Punkt, nach Erkl. 6, II., seiner Seits mit einer Kraft $K_{(1)}$ verbunden gedacht, substituiren lassen durch einen freien materiellen Punkt $M_{(2)}$ im ursprünglichen Zustande, und umgekehrt (Lehrs. 4.). Der Punkt $M_{(2)}$ darauf seiner Seits mit einer Kraft $K_{(2)}$ verbunden gedacht (was nach Erkl. 6, 2. geschehen kann), wird sich ebenfalls nach Lehrs. 4. substituiren lassen durch einen freien materiellen Punkt $M_{(3)}$ im ursprünglichen Zustande, und umgekehrt. So fortfahrend, wird sich der Punkt $M_{(n-1)}$ erst im ursprünglichen Zustande, und darauf der Einwirkung einer Kraft $K_{(n-1)}$ unterworfen gedacht, substituiren lassen durch einen freien materiellen Punkt $M_{(n)}$ im ursprünglichen Zustande, und umgekehrt, wo n eine völlig beliebige ganze Zahl bezeichnet.

Da ferner, nach Erkl. 6, II, den ursprünglichen Zustand von M und die Kraft K als gegeben betrachtend, der Zustand rücksichtlich Ruhe und Bewegung von M unter K vollkommen bestimmt, und, vermöge Lehrs. 4. und Constr., der ursprüngliche Zustand in eben dieser Beziehung von $M_{(1)}$ mit diesem einerlei ist: so wird letzterer ebenfalls völlig bestimmt seyn. Aus denselben Gründen wird auch, die Kräfte $K_{(1)}, K_{(2)}, K_{(3)}, \ldots\ldots K_{(n-1)}$ als gegeben gedacht, der Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung von $M_{(2)}, M_{(3)}, M_{(4)}, \ldots\ldots M_{(n)}$ resp. vollkommen bestimmt seyn.

Ferner, da sich, vermöge Lehrs. 4, und Constr., $M_{(1)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren läfst durch M unter K; und $M_{(2)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren läfst durch $M_{(1)}$ unter $K_{(1)}$, so wird sich auch $M_{(2)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren lassen durch M unter K und $K_{(1)}$.

Aus ähnlichen Gründen wird sich $M_{(3)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren lassen durch M unter K, $K_{(1)}$ und $K_{(2)}$ So fort fahrend, ergiebt sich leicht, dafs sich $M_{(n)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren läfst durch M unter den Kräften K, $K_{(1)}$, $K_{(2)}$, $K_{(3)}$, ... $K_{(n-1)}$, und umgekehrt, wenigstens in sofern man diese nach und nach, und in einer Ordnung an dem Punkte M angebracht denkt, welche mit der Ordnung der ihre Zeichen behaftenden Zahlen einerlei sei.

Endlich läfst es sich zeigen, dafs der Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung von $M_{(n)}$, oder von M unter jenen n Kräften K, $K_{(1)}$, $K_{(2)}$, $K_{(3)}$, ... $K_{(n-1)}$, von der Ordnung, in der man sich die Kräfte nach und nach angebracht denkt, vollkommen unabhängig ist.

1. Für den Fall, wo die n Kräfte insgesammt von einerlei Richtung sind, wird dies auf folgende Weise klar. Alsdann nahmentlich sind die n Kräfte zusammen congruent mit einer einzigen Kraft von derselben Richtung, deren Intensität der Summe der Intensitäten von jenen gleich ist (Lehrs. 3, *b*). Da nun jede Summe von der Ordnung ihrer integrirenden Theile unabhängig ist, so ist dies auch der Fall mit jener Einen Kraft rücksichtlich der angenommenen Mehrzahl, und mithin auch mit dem Zustande des Punktes, der durch sie völlig bestimmt wird (Erkl. 6. II.).

2. Für den Fall zweier Kräfte von verschiedener Richtung und gleicher Intensität ergiebt sich der Satz auf folgende Weise. Es bezeichne K die eine, und K' die andere Kraft. Beide denke man sich in Absicht auf Intensität und Richtung, mittelst gerader Linien, von dem Punkte M selbst aus gezogen, graphisch dargestellt, und diese Linien wiederum auf zwei gegebene, einander im Punkte M unter einem rechten Winkel schneidende, in der Ebene jener Linien selbst befindliche, Coordinaten-Axen bezogen. Bezeichnet man alsdann die Coordinaten der Endpunkte jener Linien mit x, y; x', y'; so ist es bekanntlich, zur völligen Bestimmung der Intensität und Richtung beider, mit den Coordinaten-Axen in einerlei Ebene gedachten, Kräfte hinreichend, dafs gegeben seien die Gröfsen x, y; x', y'. Denkt man sich nun die Kräfte an dem Punkte in einer gewissen Ordnung angebracht, die durch die der Zahlen, am Fufse der ihnen entsprechenden Gröfsen befindlich, angedeutet werde: so werden die Gröfsen

$$x_{(1)}, y_{(1)}; \quad x'_{(2)}, y'_{(2)},$$

dem Obigen nach, den Zustand des Punktes M in Absicht auf Ruhe und Bewegung völlig bestimmen, so bald man sich nur den ursprünglichen Zustand desselben als gegeben denkt. Da aber die absolute Richtung der zu Grunde gelegten Coordinaten-Axen in der Ebene der Richtungen von beiden Kräften durch nichts bestimmt wird, so wird man diese auch so wählen können, dafs die Coordinaten des Endpunktes der Linie, die erste Kraft darstellend, die Werthe x', y'; und die des Endpunktes derjenigen Linie, welche die zweite Kraft repräsentirt, die Werthe x, y annehmen. Denn bezeichnet man den Winkel, zwischen den vorigen und den neuen Coordinaten-Axen enthalten, mit α, so werden bekanntlich die Ausdrücke $x\cos\alpha+y\sin\alpha$, $-x\sin\alpha+y\cos\alpha$; $x'\cos\alpha+y'\sin\alpha$, $-x'\sin\alpha+y\cos\alpha$ die Werthe der Coordinaten mit Bezug auf das neue System darstellen. Setzt man nun $y'=x\cos\alpha+y\sin\alpha$, $x'=-x\sin\alpha+y\cos\alpha$; $y=x'\cos\alpha+y\sin\alpha$, $x=-x'\sin\alpha+y'\cos\alpha$; so bilden die beiden letzten Gleichungen eine Folge von den beiden ersten, und den beiden ersten wird zu genügen seyn, wenn $x'^2+y'^2=x^2+y^2$ ist, wie solches, vermöge der Gleichheit der Intensitäten beider Kräfte, angenommen worden.

Daher werden die Gröfsen $x'_{(1)}$, $y'_{(1)}$; $x_{(2)}$, $y_{(2)}$ mit den vorigen einerlei Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung bestimmen; mithin wird dieser derselbe bleiben, wenn man sich die Kräfte K und K', in Bezug auf ihre Ordnung, mit einander verwechselt denkt: indem nahmentlich die Verwechslung von x mit y, und von x' mit y' aus demselben Grunde gestattet bleibt.

3. Für den Fall, wo die beiden Kräfte in Absicht auf Richtung und Intensität gleichzeitig von einander verschieden sind, rechtfertigt sich die in Rede stehende Behauptung auf folgende Weise.

Es bezeichne M einen freien materiellen Punkt, mit der Kraft K behaftet, deren Intensität gleich I sei; K' und K'' bezeichnen zwei andere Kräfte von einer gemeinschaftlichen Intensität $=\overset{1}{I}$, von denen in Bezug auf die Richtung erstere mit K einerlei, und letztere von dieser verschieden sei. Denkt man sich nun die beiden letzten Kräfte, nach der Ordnung, in welcher die sie betreffenden Gröfsen geschrieben, neben K an dem Punkte M angebracht, so werden, den ursprünglichen Zustand von M als gegeben ansehend, in Verbindung mit den entsprechenden Richtungen, die Gröfsen

$$(1)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots I_{(1)},\ \overset{1}{I}_{(2)},\ \overset{1}{I}_{(3)},$$

dem Obigen nach, den Zustand desselben in Absicht auf Ruhe und Bewegung völlig bestimmen. Da aber die Intensitäten der zweiten und dritten Kraft einander gleich sind (Constr.), und es daher erlaubt ist, diese mit einander zu verwechseln (No. 2. des Erw.); so werden die Gröfsen

$$(2)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots I_{(1)},\ \overset{1}{I}_{(3)},\ \overset{1}{I}_{(2)},$$

einerlei Zustand mit dem vorigen bestimmen. Da ferner K und K', in beiden Fällen, congruent sind mit einer Kraft K''' von derselben Richtung und von einer Intensität $=I_{(1)}+I'_{(2)}$ (Constr. und Lehrs. 3, *b.*), so erzeugen, im zweiten Falle, diese Kräfte, K''' und die Kraft K'' nahmentlich, einen vollkommen bestimmten Zustand, ohne dafs sich für K''' eine Ordnung rücksichtlich K'' nachweisen läfst. Da nun dieses nicht der Fall seyn könnte, wenn zu einem vollkommen bestimmten Zustand rücksichtlich Ruhe und Bewegung eine gewisse Ordnung in Bezug auf die Kräfte (d. h. eine gewisse auf einander Folge der Zeit nach) nothwendig wäre: so mufs die Bestimmtheit des Zustandes, so wie der Zustand selbst, von der Ordnung, in welcher zwei Kräfte angebracht gedacht werden, unabhängig seyn.

4. Dies vorausgesetzt, läfst es sich leicht zeigen, dafs von den n Kräften K, $K_{(1)}$, $K_{(2)}$, $K_{(3)}$, $\ldots K_{(n-1)}$, an einem freien materiellen Punkte M wirksam gedacht, ganz allgemein, $K_{(r)}$ und $K_{(r+1)}$ sich, in Absicht auf ihre Ordnung der Zeit nach, mit einander verwechseln lassen. Da man nun, durch eine wiederholte Verwechslung von zwei auf einander folgenden Kräften, die Ordnung von jenen n Kräften auf alle mögliche Weisen umkehren kann: so folgt, dafs der Zustand, in Absicht auf Ruhe und Bewegung, durch die n Kräfte bestimmt, von der Ordnung, in der sie nach und nach angebracht gedacht werden, vollkommen unabhängig ist.

Fafst man dies alles zusammen, so erlangt man

Lehrs. 5. Jeder freie materielle Punkt M, in seinem ursprünglichen Zustande gedacht, ist der Einwirkung einer ganz beliebigen Anzahl von vollkommen beliebigen Kräften K, $K_{(1)}$, $K_{(2)}$, $K_{(3)}$, $\ldots K_{(n-1)}$, als nach und nach an ihm angebracht betrachtet, fähig; und läfst sich, unter eben dieser Einwirkung, stets substituiren durch einen andern freien materiellen Punkt $M_{(n)}$ im ursprünglichen Zustande, und umgekehrt, dessen Zustand rücksichtlich Ruhe und Bewegung mit dem von M unter

jenen Kräften congruent, und, von der gegenseitigen Ordnung der Kräfte völlig unabhängig, vollkommen bestimmt ist, sobald man sich den ursprünglichen Zustand von M und die Kräfte K, $K_{(1)}$, $K_{(2)}$, $K_{(3)}$, ... $K_{(n-1)}$, in Absicht auf Intensität und Richtung als gegeben denkt.

Da sich, nach Erkl. 6, III., mit jedem freien materiellen Punkt im ursprünglichen Zustande eine solche Kraft verbinden läfst, dafs der daraus rücksichtlich Ruhe und Bewegung entstehende Zustand mit einem gegebenen, von jenem ursprünglichen Verschiedenen, einerlei sei: so wird man (unter Bezugnahme auf die vorige Bezeichnung) $M_{(n)}$ auch mit einer solchen Kraft $K_{(n)}$ verbunden denken können, dafs sein Zustand, in Absicht auf Ruhe und Bewegung, mit dem ursprünglichen Zustande von M, wofern beide von einander verschieden sind, einerlei werde. Da ferner diese Kraft $K_{(n)}$ in Bezug auf Intensität und Richtung vollkommen bestimmt seyn wird, sobald man sich den ursprünglichen Zustand, in Absicht auf Ruhe und Bewegung, sowohl von M, als von $M_{(n)}$ gegeben denkt (Erkl. 6, III.); und sich $M_{(n)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren läfst durch M unter K, $K_{(1)}$, $K_{(2)}$, $K_{(3)}$, ... $K_{(n-1)}$ zusammen (Lehrs. 5.): so hat man

Lehrs. 6. In so fern man den Zustand des Punktes M, mit einer beliebigen Anzahl von Kräften K, $K_{(1)}$, $K_{(2)}$, $K_{(3)}$, ... $K_{(n-1)}$ behaftet, von seinem ursprünglichen Zustand als verschieden voraussetzt, läfst sich zu diesen Kräften stets eine neue Kraft $K_{(n)}$ denken, so beschaffen, dafs, wofern man sich dieselbe mit den vorigen an dem Punkte vereint vorstellt, der daraus entspringende Zustand, in Absicht auf Ruhe und Bewegung, mit dem ursprünglichen einerlei sei; und diese neue Kraft $K_{(n)}$ wird, von der gegenseitigen Ordnung jener Kräfte völlig unabhängig, in Bezug auf Intensität und Richtung vollkommen bestimmt seyn, sobald man sich den ursprünglichen Zustand des Punktes M, so wie die Kräfte K, $K_{(1)}$, $K_{(2)}$, $K_{(3)}$, ... $K_{(n-1)}$, in Absicht auf Intensität und Richtung, als gegeben denkt.

Zusatz. Hieraus folgt also, dafs jeder freie materielle Punkt M, der Einwirkung einer beliebigen Mehrzahl von Kräften dergestalt unterworfen gedacht werden kann, dafs der dadurch entstehende Zustand, rücksichtlich Ruhe und Bewegung mit dem ursprünglichen Zustande einerlei sei, von denen jede einzelne, von der Ordnung, in welcher man sich die Kräfte ange-

bracht denkt, völlig unbhängig, in Absicht auf Intensität uud Richtnng völlig bestimmt seyn wird, so bald man sich alle übrigen in eben dieser Beziehung nebst dem ursprünglichen Zustand von *M* als gegeben vorstellt.

§. 7.

Erkl. 10. Zwei und mehrere Kräfte, die das Gemeinschaftliche haben, dafs sie insgesammt an einem und demselben materiellen Punkt als wirksam gedacht werden, sollen ein System von Kräften genannt werden.

Erkl. 11. Zwei Systeme von Kräften sollen symmetrisch heifsen, wenn sie einander in Bezug auf die Anzahl der Kräfte von verschiedener Richtung, in Bezug auf die Intensitäten der Kräfte von einerlei Richtung, und in Bezug auf die Winkel, zwischen den Richtungen der Kräfte von gleicher Intensität enthalten, gleich sind.

Erkl. 12. Von einem Systeme von Kräften, so beschaffen, dafs es, an einem freien materiellen Punkt *M* wirksam gedacht, keinen Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung zur Folge hat, der von dem ursprünglichen Zustande in eben dieser Beziehung verschieden, soll gesagt werden, dafs es im Gleichgewicht sei; von den Kräften, dafs sie einander das Gleichgewicht halten; und von dem materiellen Punkt *M*, dafs er sich unter der Anregung dieser Kräfte im Zustande des Gleichgewichts befinde.

§. 8.

Auf die vorigen Ergebnisse und diese neuen Erklärungen gestützt, wollen wir jetzt zur Betrachtung des Zustandes des Gleichgewichts, zunächst in dessen allgemeineren Beziehungen aufgefafst, fortgehen. Da der Zustand des Punktes *M* rücksichtlich Ruhe und Bewegung, der Einwirkung eines, sich im Gleichgewicht befindenden, Systems von Kräften unterworfen gedacht, einerlei ist mit seinem ursprünglichen Zustande (Erkl. 12.); und da jedweder Punkt *M*, der Einwirkung einer beliebigen Anzahl Kräfte unterworfen, sich substituiren läfst durch einen freien materiellen Punkt $M_{(\alpha)}$, im ursprünglichen Zustande (Lehrs. 5.): so wird sich *M* unter der Einwirkung eines sich im Gleichgewicht befindenden Systems von Kräften substituiren lassen durch einen Punkt $M_{(\alpha)}$, im ursprünglichen Zustande, dessen Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung mit dem von *M* im ursprünglichen Zustande einerlei sei, und umgekehrt. Da sich nun auch, unter eben dieser

Bedingung, M im ursprünglichen Zustande substituiren läfst für $M_{(*)}$, und umgekehrt: so hat man

Lehrs. 7. Jeder freie materielle Punkt M, unter der Anregung eines Systems von Kräften im Gleichgewicht gedacht, läfst sich substituiren durch M im ursprünglichen Zustande, und umgekehrt.

Da jeder freie materielle Punkt N im ursprünglichen Zustande sich substituiren läfst durch einen andern freien materiellen Punkt M, mit einer gewissen Kraft K behaftet (Lehrs. 4, Erkl. 6, III.); und sich M im ursprünglichen Zustande substituiren läfst durch M, mit einem sich im Gleichgewicht befindenden System von Kräften, P, behaftet (Lehrs. 7.): so wird der Punkt N sich substituiren lassen durch M unter K und P. Da sich nun M unter K und P, wegen der Gleichgültigkeit der gegenseitigen Ordnung der Kräfte betrachten läfst als [(M unter K) mit P behaftet], und sich M unter K substituiren läfst durch N (Constr.): so wird sich auch N im ursprünglichen Zustande substituiren durch N unter P.

Verbindet man hiermit die 12te Erklärung, so gewinnt man

Lehrs. 8. Ein System von Kräften P, dafs sich an einem gegebenen freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht befindet, wird auch an jedem andern freien materiellen Punkt im Gleichgewicht seyn, und umgekehrt.

Verbindet man mit diesem Lehrsatze den 6ten Lehrsatz und die 12te Erklärung, so hat man

Lehrs. 9. Zu jedem Systeme von Kräften, welches an einem freien materiellen Punkt M wirksam gedacht, nicht im Gleichgewicht ist, läfst sich stets eine neue Kraft denken, so beschaffen, dafs sie, mit den vorigen an dem Punkte vereint gedacht, das Gleichgewicht erzeuge; und die in Absicht auf Intensität und Richtung völlig bestimmt seyn wird, sobald man sich nur die Kräfte jenes Systems in eben dieser Beziehung als gegeben denkt.

Zusatz. Hieraus folgt, dafs von einem Systeme von Kräften Q, an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht gedacht, jede einzelne Kraft, in Absicht auf Intensität und Richtung, als völlig bestimmt anzusehen ist, sobald die übrigen in eben dieser Beziehung als gegeben gedacht werden.

Denkt man sich die n Kräfte eines Systems P, an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht, in Absicht auf Intensität und Richtung

durch eben so viele, vom Punkte M selbst aus gezogene, gerade Linien dargestellt; die Länge der Linie, ganz allgemein der r^{ten} Kraft entsprechend, mit $I_{(r)}$, und die Werthe der kleinsten Winkel, welche diese mit drei gegebenen, einander im Punkte M unter rechten Winkeln schneidenden Coordinaten-Axen bildet, mit $\alpha_{(r)}$, $\beta_{(r)}$, $\gamma_{(r)}$ bezeichnet: so wird bekanntlich ganz allgemein die r^{te} Kraft, in Absicht auf Intensität und Richtung, vollkommen, und auch nicht mehr als solches, bestimmt seyn, sobald die Werthe der Coordinaten des Endpunktes jener Linie,

$$(1) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots x_{(r)},\ y_{(r)},\ z_{(r)}$$

gegeben sind. Denkt man sich nun diese drei Gröfsen, mit Bezug auf eine jede von den $(n-1)$ ersten Kräften als gegeben, so werden sie dadurch, dem Zusatze des vorigen Lehrsatzes gemäfs, mit Bezug auf die n^{te} Kraft, vollkommen bestimmt seyn; dergestalt, dafs

$$x_{(n)},\ y_{(n)},\ z_{(n)}$$

nicht allein die Werthe sind, die für die n^{te} Kraft statt finden müssen, damit das System im Gleichgewicht sei; sondern auch umgekehrt, das Gleichgewicht vorhanden seyn wird, wenn der n^{ten} Kraft, unter Festhaltung der vorigen Werthe für die übrigen, diese Werthe entsprechen. Da nun die absolute Lage des zu Grunde gelegten Coordinaten-Systems, von welcher $x_{(r)}$, $y_{(r)}$, $z_{(r)}$ abhängig sind, beliebig ist, so werden, nach Maafsgabe derselben, statt der vorigen Werthe, auch die folgenden

$$(2) \ldots\ldots \begin{cases} x_{(r)}\cos a + y_{(r)}\cos b + z_{(r)}\cos c,\ x_{(r)}\cos a' + y_{(r)}\cos b' + z_{(r)}\cos c', \\ \qquad\qquad x_{(r)}\cos a'' + y_{(r)}\cos b'' + z_{(r)}\cos c'', \end{cases}$$

wo bekanntlich von den neun Coefficienten $\cos a$, $\cos b$, $\cos c$, u. s. w. drei beliebig sind, zur Angabe jener Gröfsen dienen können; dergestalt, dafs wenn sich ein System von n Kräften, deren Werthe durch (1) bestimmt, im Gleichgewicht befindet, auch ein System von n Kräften, resp. durch (2) bestimmt, im Gleichgewicht seyn mufs.

Bezeichnet nun P' ein System von $(n-1)$ Kräften, symmetrisch mit dem Systeme P, in sofern man bei diesem von der n^{ten} Kraft abstrahirt; und repräsentiren

$$x'_{(r)},\ y'_{(r)},\ z'_{(r)}$$

die Werthe, welche, ganz allgemein, zur Bestimmung der r^{ten} Kraft dienen; so wird man bekanntlich jene drei beliebigen Gröfsen so wählen können, dafs man habe

$$\begin{aligned} x'_{(r)} &= x_{(r)} \cos a + y_{(r)} \cos b + z_{(r)} \cos c, \\ y'_{(r)} &= x_{(r)} \cos a' + y_{(r)} \cos b' + z_{(r)} \cos c', \\ z'_{(r)} &= x_{(r)} \cos a'' + y_{(r)} \cos b'' + z_{(r)} \cos c'', \end{aligned}$$

Fragt man nun nach einer n^{ten} Kraft, die jenen $(n-1)$ Kräften des Systems P' das Gleichgewicht halte, so ist es, dem Obigen nach, einleuchtend, dafs dies der Fall seyn wird, wenn die n^{te} Kraft durch folgende Werthe bestimmt wird

$$\begin{aligned} x'_{(n)} &= x_{(n)} \cos a + y_{(n)} \cos b + z_{(n)} \cos c, \\ y'_{(n)} &= x_{(n)} \cos a' + y_{(n)} \cos b' + z_{(n)} \cos c', \\ z'_{(n)} &= x_{(n)} \cos a'' + y_{(n)} \cos b'' + z_{(n)} \cos c''; \end{aligned}$$

wie auch, dafs, da, nach Lehrs. 9, die n^{te} Kraft eine völlig bestimmte ist, diese Werthe die einzigen sind, bei denen, in Verbindung mit den vorigen, das Gleichgewicht statt finden kann. Da nun hierdurch das aus dem Systeme P' von $(n-1)$ Kräften und der neuen Kraft entstehende System von n Kräften mit dem Systeme P symmetrisch ist (Erkl. 11.): so hat man

Lehrs. 10. Befindet sich ein gegebenes System von Kräften an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht, so wird auch jedes andere, ihm symmetrische, System von Kräften im Gleichgewicht seyn.

Bezeichnen $P_{(1)}, P_{(2)}, P_{(3)} \ldots P_{(r)}, \ldots P_{(n)}$, n Systeme von Kräften, von denen sich jedes insbesondere, an einem freien materiellen Punkt M wirksam gedacht, im Gleichgewicht befindet; so wird sich, da sich M im ursprünglichen Zustande substituiren läfst durch M unter einem, sich im Gleichgewicht befindenden, System von Kräften, und umgekehrt (Lehrs. 7.),

M im ursprünglichen Zustande substituiren lassen durch M unter $P_{(1)}$;

M unter $P_{(1)}$ substituiren lassen durch M unter $P_{(1)}$ und $P_{(2)}$;

M unter $P_{(1)}$ und $P_{(2)}$ substituiren lassen durch M unter $P_{(1)}$, $P_{(2)}$ und $P_{(3)}$;

$\vdots$

M unter $P_{(1)}, P_{(2)}, P_{(3)} \ldots P_{(n-1)}$ substituiren lassen durch

M unter $P_{(1)}, P_{(2)}, P_{(3)} \ldots P_{(n-1)}, P_{(n)}$:

woraus also folgt, dafs M im ursprünglichen Zustande substituirt werden kann durch M unter $P_{(1)}, P_{(2)}, P_{(3)} \ldots P_{(n)} \ldots$ (I).

Bezeichnen ferner $Q_{(1)}$, $Q_{(2)}$, $Q_{(3)}\ldots Q_{(r)}$, $Q_{(r+1)}$, $\ldots Q_{(m)}$ m Systeme von Kräften, die zusammen das Gleichgewicht bilden; so wird sich M im ursprünglichen Zustande substituiren lassen durch M unter $Q_{(1)}$, $Q_{(2)}$, $Q_{(3)}\ldots Q_{(r)}$, $Q_{(r+1)}$, $\ldots Q_{(m)}$ (Erkl. 10, Lehrs. 7.). Sind nun die r ersten Systeme $Q_{(1)}$, $Q_{(2)}$, $Q_{(3)}\ldots Q_{(r)}$, so beschaffen, dafs sie zusammen ebenfalls den Zustand des Gleichgewichts erzeugen; so wird sich, ebenfalls nach Erkl. 10, und Lehrs. 7, M unter ihnen substituiren lassen durch M im ursprünglichen Zustande: folglich wird sich M im ursprünglichen Zustande substituiren lassen durch M unter $Q_{(r+1)}$, $Q_{(r+2)}$, $Q_{(r+3)}\ldots Q_{(m)}\ldots$ (II).

Verbindet man mit den Ergebnissen (I) und (II) den 7ten Lehrsatz, so erlangt man

Lehrs. 11. *a*) Bezeichnen $P_{(1)}$, $P_{(2)}$, $P_{(3)}\ldots P_{(n)}$ n Systeme von Kräften, von denen jedes insbesondere im Gleichgewicht ist, so werden sie auch zusammen, an einem und demselben freien materiellen Punkt vereint gedacht, im Gleichgewicht seyn.

b) Befindet sich ein freier materieller Punkt M unter den m Systemen $Q_{(1)}$, $Q_{(2)}$, $Q_{(3)}\ldots\ldots Q_{(m)}$ im Gleichgewicht, und sind die Systeme $Q_{(1)}$, $Q_{(2)}$, $Q_{(3)}\ldots\ldots Q_{(r)}$ so beschaffen, dafs sie zusammen den Zustand des Gleichgewichts ebenfalls erzeugen: so wird der Punkt auch unter den $(n-r)$ übrigen Systemen zusammen im Gleichgewicht seyn.

Lehrs. 12. Bezeichnet P ein System von n Kräften A_1, A_2, $A_3\ldots A_n$, von denen, ganz allgemein, A_t in Bezug auf ihre Intensität mit a_t bezeichnet wird; und bezeichnet Q ein anderes System von n Kräften B_1, B_2, $B_3\ldots B_n$, von denen, ganz allgemein, B_t in Bezug auf die Intensität mit b_t bezeichnet wird: so wird, wenn das System P im Gleichgewicht ist, auch das System Q im Gleichgewicht seyn, wofern nur, ganz allgemein, B_t in Absicht auf die Richtung mit A_t einerlei, und $b_t = ma_t$ ist, wo m eine beliebige Zahl bezeichnet.

Beweis. I. Wenn m eine ganze Zahl ist. Es bezeichnen $P^{(1)}$, $P^{(2)}$, $P^{(3)}\ldots P^{(m)}$ m Systeme von Kräften, unter einander und mit dem Systeme P symmetrisch. Alsdann wird, da sich M unter P im Gleichgewicht befindet (Vorauss.), auch M unter $P^{(r)}$ im Gleichgewicht seyn (Constr. und Lehrs. 10.); mithin auch unter $P^{(1)}$, $P^{(2)}$, $P^{(3)}\ldots P^{(m)}$ zusammen (Lehrs. 11. *a*). Für den besondern Fall nun, wo, ganz allgemein, die ϱ^{te} Kraft des Systems $P^{(r)}$ mit der Kraft A_t in Absicht auf die Richtung einerlei ist, wird der

Punkt M, unter jenen m Systemen zusammen, jede Kraft A_t m mal enthalten; und, da diese sich substituiren lassen durch eine einzige Kraft B_t, die in Absicht auf die Richtung mit A_t einerlei, und deren Intensität $= ma_t$ ist (Lehrs. 3, *b*.): so werden sich, für diesen Fall, die m Systeme $P^{(1)}$, $P^{(2)}$, $P^{(3)} \ldots . P^{(r)} \ldots . P^{(m)}$ substituiren lassen durch ein einziges System Q, mit dem Systeme P in Absicht auf die Richtungen einerlei, für welches die Intensität, von B_t, ganz allgemein, gleich ma_t ist. Da sich nun, wie sich ergeben, M unter jenen Systemen zusammen im Gleichgewicht befindet, so wird solches auch unter Q der Fall seyn (Lehrs. 11.).

II. Wenn m ein Bruch von der Form $\frac{1}{q}$ ist, wo q eine ganze Zahl andeutet. Befände sich das System Q, in Absicht auf die Richtungen der Kräfte mit P einerlei, und für $b_t = \frac{a_t}{q}$, nicht im Gleichgewicht, so würde sich doch eine Kraft Π von einer gewissen Richtung und einer Intensität $= \pi$ denken lassen, vermöge welcher, mit dem Systeme Q vereint gedacht, das Gleichgewicht statt finden würde (Lehrs. 9.). Alsdann würde auch M im Gleichgewicht seyn unter einem Systeme R, in Beziehung auf die Anzahl und Richtung der Kräfte mit dem Systeme Q in Verbindung mit der Kraft Π einerlei gedacht, von welchem die Intensitäten

$$qb_1,\ qb_2,\ qb_3,\ qb\ qb_n \text{ und } q\pi$$

wären (I. d. Erw.). Da aber $qb_t = a_t$ ist, und die n Kräfte, deren Intensitäten ganz allgemein durch a_t angedeutet werden, einander das Gleichgewicht halten (Vorauss.): so würde auch M unter einer einzigen Kraft im Gleichgewicht seyn müssen, deren Intensität $= q\pi$ ist (Lehrs. 11, *b*), was Erkl. 6, II. widerstreitet.

III. Wenn $m = \frac{p}{q}$ ist, wo p und q ganze Zahlen bezeichnen. Da, der Voraussetzung nach, M im Gleichgewicht ist unter P, von dessen Kräften, ganz allgemein, die Intensitäten $= a_t$ sind, so wird auch M im Gleichgewicht seyn unter einem Systeme R, in Absicht auf die Anzahl und Richtungen der Kräfte mit P einerlei, von welchem die Intensitäten, ganz allgemein, $= pa_t$ sind (I. des Erw.); folglich auch unter jedem Systeme Q, in Beziehung auf die Anzahl und Richtungen der Kräfte mit dem Systeme R, und daher auch mit dem Systeme P, einerlei, von welchem die Intensitäten, ganz allgemein, $= \frac{p}{q} a_t$ sind (II. des Erw.).

IV. Wenn m irrational ist. Bekanntlich kann jede irrationale Zahl m dargestellt werden durch die Form $r + i$, wo r eine rationale und i eine

irrationale Zahl bezeichnet, von denen letztere kleiner, als jede gegebene Zahl gedacht werden kann. — Wäre nun das System Q, in der oben benannten Beziehung mit P einerlei, für $b_\varrho = m a_\varrho = r a_\varrho + i a_\varrho$ nicht im Gleichgewicht, so würde sich doch eine, in Absicht auf Intensität und Richtung völlig bestimmte Kraft Π, deren Intensität durch π bezeichnet werden mag, denken lassen, vermöge welcher, mit dem Systeme Q vereint gedacht, das Gleichgewicht zu erhalten wäre (Lehrs. 9.). Demnach würde sich M im Gleichgewicht befinden unter den Kräften des Systems Q, deren Intensitäten, ganz allgemein, $= r a_\varrho + i a_\varrho$ in Verein mit Π, deren Intensität $= \pi$ ist. Da aber M unter den n Kräften, deren Intensitäten $= a_\varrho$ sind, im Gleichgewicht ist (Vorauss.); so wird auch M unter den n Kräften, deren Intensitäten $= r a_\varrho$ sind, im Gleichgewicht seyn (Constr. und I, II, III. des Erw.); mithin auch unter den n Kräften, deren Intensitäten $= i a_\varrho$, in Verein mit der Kraft Π, deren Intensität $= \pi$ ist (Lehrs. 11, *b*); und daher auch unter den n Kräften, deren Intensitäten $= k i a_\varrho$, in Verein mit einer Kraft, deren Intensität $k\pi$ ist, wo k eine völlig beliebige rationale Zahl bezeichnet (I, II, III. des Erw.). Setzt man nun $ki = r' + i'$, wo r' rational und i' irrational ist, und letztere kleiner, als jede gegebene Zahl gedacht werden kann, so folgt, vermöge Lehrs. 11, *b*, dafs, unter der gemachten Annahme, auch M im Gleichgewicht seyn würde unter einem Systeme von Kräften, in Absicht auf der Anzahl und Richtungen mit dem Systeme Q einerlei, deren Intensitäten aber $= i' a_\varrho$ sind, in Verbindung mit einer Kraft, deren Intensität $= k\pi$ ist, wo i' kleiner, und k gröfser, als jede gegebene Gröfse gedacht werden kann.

Da nun, sobald man sich die n Kräfte, deren Intensitäten, ganz allgemein, $= i a_\varrho$ sind, gegeben denkt, diejenige Kraft, die ihnen das Gleichgewicht zu halten im Stande, in Absicht auf Intensität und Richtung vollkommen bestimmt ist (Lehrs. 9.): so ist voriges Ergebnifs ungereimt. Es giebt daher keine Kraft Π, welche, mit dem Systeme Q vereint gedacht, das Gleichgewicht bewirken könne, also mufs Q selbst im Gleichgewicht seyn (Lehrs. 9.).

§. 9.

Wenden wir uns jetzt zu einer nähern Betrachtung der Bedingungen des Gleichgewichts, und zwar zunächst für den besondern Fall eines Systems von zwei Kräften.

Lehrs. 13. Zwei Kräfte A_1 und A_2 eines Systems P, an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht gedacht, müssen einander in Absicht auf die Richtung entgegen gesetzt seyn.

Beweis. Bezeichnet Q ein mit P symmetrisches System von zwei Kräften B_1 und B_2, so wird sich der Punkt M, da derselbe unter P im Gleichgewicht ist (Vorauss.), auch unter Q (Lehrs. 10,), und daher auch unter P und Q zusammen (Lehrs. 11, a) im Gleichgewicht befinden. Ist nun der Winkel α, zwischen den Richtungen von A_1 und A_2 enthalten, von 180° verschieden, so wird man sich das mit P symmetrische System Q so angebracht denken können, dafs die Richtung von B_1 mit der von A_2 congruent und der Winkel zwischen den Richtungen von A_1 und B_2 enthalten, gleich α sei. Da alsdann A_1 und B_2 ein mit P symmetrisches System von Kräften bilden (Constr. Erkl. 11.), so wird sich M unter diesem allein (Vorauss. Lehrs. 10.) und daher auch unter A_2 und B_1 allein (Lehrs. 11, b) im Gleichgewicht befinden. Da endlich diese beiden Kräfte von einerlei Richtung (Constr.) und daher durch eine einzige zu substituiren sind (Lehr. 3, b): so steht dies Ergebnifs im Widerspruch mit Erkl. 6, II. Daher kann, im Falle des Gleichgewichts zweier Kräfte, der Winkel α, zwischen ihren Richtungen enthalten, nicht von 180° verschieden gedacht werden.

Lehrs. 14. Jede Kraft A befindet sich mit einer, ihr in Absicht auf die Richtung entgegen gesetzten, Kraft B an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht, die ihr der Intensität nach gleich ist.

Beweis. Da sich zu jeder Kraft A eine andere Kraft denken läfst, die ihr an einem freien materiellen Punkt M das Gleichgewicht halte (Lehrs. 9, Erkl. 6, II.), und diese ihr, zu solchem Behuf, in Absicht auf die Richtung, entgegen gesetzt seyn mufs (Lehrs. 13.): so bezeichne Π eine solche Kraft. Ferner bezeichnen A_1 und Π_1 ein mit A und Π symmetrisches System, neben diesen an dem Punkte M so angebracht, dafs die Richtung von Π_1 mit der von A, und also die Richtung von A_1 mit der von Π congruire.

Da nun M unter A und Π im Gleichgewicht ist (Constr.), so wird solches auch unter A_1 und Π_1 (Constr., Lehrs. 10.), und daher auch unter A, Π, A_1 und Π_1 zusammen der Fall seyn. Da ferner die Richtung von A_1 mit der von Π congruirt (Constr.), so werden, wenn man die Intensität von A und A_1 resp. mit a, und von Π und Π_1 resp. mit π bezeichnet, A und Π_1 congruent seyn mit einer Kraft C von derselben gemeinschaftlichen Richtung

und einer Intensität $=a+\pi$ (Lehrs. 3, *b.*): und aus demselben Grunde Π und A_1 congruent seyn mit einer Kraft D von derselben gemeinschaftlichen Richtung und einer Intensität $=a+\pi$. Diesem nach befindet sich M im Gleichgewicht unter einem System Q von zwei, einander in Bezug auf die Richtung entgegen gesetzten Kräften C und D, deren Intensitäten resp. $=a+\pi$ sind; mithin auch unter jedem, mit diesem symmetrischen, System R, von zwei Kräften, deren Intensitäten resp. $=m(a+\pi)$ sind, und zwar unabhangig von m (Lehrs. 12.), und daher auch, $m=\frac{a}{a+\pi}$ setzend, unter jedem, mit Q symmetrischen System S von zwei Kräften, deren Intensitäten resp. $=a$ sind, wo a vollkommen beliebig ist.

Zusatz. Da die Kraft B, der Kraft A das Gleichgewicht haltend, in Absicht auf Richtung und Intensität vollkommen bestimmt ist, sobald man sich A in eben dieser Beziehung als gegeben denkt (Lehrs. 9.); und da, in sofern man die Intensität von A mit a bezeichnet, dem unmittelbar Vorhergehenden nach, a ein Werth für die Intensität von B ist, der in Rede stehenden Beziehung genügend: so folgt, dafs zwei Kräfte A und B an einem freien materiellen Punkt M nicht im Gleichgewicht seyn können, wenn sie in Absicht auf die Intensität von einander verschieden sind.

Lehrs. 15. Damit sich zwei Kräfte A und B an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht befinden, ist es nothwendig und zugleich hinreichend, dafs sie einander in Absicht auf die Intensität gleich, und in Bezug auf die Richtung entgegen gesetzt sind.

Beweis. Die Nothwendigkeit dieser Bedingungen ergiebt sich aus dem Umstande, dafs, nach Lehrs. 13. und 14, Zus., ohne sie kein Gleichgewicht denkbar ist. Das Zureichende dieser Bedingungen für den Zustand des Gleichgewichts geht daraus hervor, dafs sich zu jeder Kraft A eine völlig bestimmte Kraft B, der in Rede stehenden Anforderung genügend, denken läfst (Lehrs. 9.), und dafs diese Bestimmung durch die obigen Bedingungen vollkommen, und auch nicht mehr, geleistet wird.

Zusatz. Da mehrere Kräfte von einerlei Richtung zusammen genommen congruent sind mit einer einzigen Kraft von eben dieser Richtung und von einer Intensität, die der Summe der Intensitäten von jenen gleich ist, und umgekehrt (Lehrs. 3, *b.*); so ist von zwei an einem Punkte in entgegengesetzter Richtung wirksamen Kräften, A_1 und A_2, die der gröfseren Intensität congruent mit zwei andern, resp. von eben der Richtung, von

denen die Intensität der einen der Intensität der kleinern jener beiden Kräfte, und die Intensität der andern der Differenz zwischen den Intensitäten eben dieser gleich ist: dergestalt, dafs wenn man sich von einem solchen Systeme diejenigen Kräfte aufgehoben vorstellt, die, gesondert, im Gleichgewicht seyn würden, eine Kraft B zurück bleibt, die, in Bezug auf die Richtung, mit der von der gröfsten der beiden gegebenen congruent, und deren Intensität der Differenz zwischen den Intensitäten eben dieser gleich ist.

Bezeichnet man nun die Intensität von A_1 mit a_1, von A_2 mit a_2, und von B mit b, und setzt $b = a_1 - a_2$, so wird der numerische Werth von b die Intensität, und das algebraische Zeichen dieser Gröfse die Richtung der Kraft B andeuten, die mit der von A_1 congruent, oder derselben entgegen gesetzt seyn wird, je nachdem b positiv oder negativ ist: dergestalt, dafs, nach der so entstehenden Bezeichnung, eine Kraft von einer gegebenen Richtung und einer Intensität $= -k$, wo k eine positive Gröfse bezeichnet, in ihrer Bedeutung einerlei ist mit einer Kraft von der entgegen gesetzten Richtung und einer Intensität $= k$.

Behaftet man daher von den beiden einander in Absicht auf die Richtung entgegen gesetzten Kräften die Intensität von A_1 mit + und die von A_2 mit —, so erlangt man für die Kraft B, die zurück bleibt, indem man sich diejenigen Kräfte aufgehoben vorstellt, die sich in A_1 und A_2 gesondert in Gleichgewicht befinden, was die Intensität betrifft,

$$b = a_1 + a_2,$$

wo a_1 und a_2 die Zahlenwerthe in Verein mit den ihnen entsprechenden algebraischen Zeichen repräsentiren; und was die Richtung anbelangt, congruent mit derjenigen Kraft, deren algebraisches Zeichen mit dem des numerischen Werthes von b einerlei ist.

Da endlich jede Kraft, deren Intensität $= a_1$ ist, congruent ist mit mehreren Kräften von eben der Richtung, und deren Intensitäten a_1', a_1'', a_1''', u. s. w. so beschaffen, dafs man habe

$$a_1 = a_1' + a_1'' + a_1''' + a_1^{IV} + \text{u. s. w.}$$

so ist, unter eben dieser Bezeichnung, im Falle mehrere Kräfte, von denen einige nach der einen, andere hingegen nach der entgegen gesetzten Richtung wirksam sind,

$$b = a'_1 + a''_1 + a'''_1 + a^{iv}_1 + \text{u. s. w.} \quad + a'_2 + a''_2 + a'''_2 + a^{iv}_2 + \text{u. s. w.}$$

wo der numerische Werth von b die Intensität, und das algebraische Zeichen dieser Gröfse die Richtung bestimmt.

§. 10.

Nach Erledigung des Falles von zwei Kräften, schreiten wir zur Ermittelung der Bedingungen des Gleichgewichts für den Fall von drei Kräften fort.

Lehrs. 16. Ein System P von drei Kräften, A, B, C, kann an einem freien materiellen Punkt M nicht im Gleichgewicht seyn, wenn nicht die Richtungen der Kräfte sich in einerlei Ebene befinden.

Beweis. Drei gerade Linien, von dem Punkte M aus gezogen, mögen die Richtungen jener drei Kräfte, und I den Werth des Winkels darstellen, den die Richtung von C mit der durch die von A und B gelegten Ebene bildet. Q bezeichne ein mit P symmetrisches System von drei Kräften, A', B', C', neben diesem an M so angebracht, dafs A' und B' die entgegen gesetzten Lagen von A und B erhalten. Wofern nun I nicht gleich Null ist, wird die Lage von C' auf zwei verschiedene Weisen gewählt werden können, entweder dies- oder jenseits jener durch die Richtungen von A und B gelegten Ebene: dergestalt, dafs der Winkel, zwischen den Richtungen von C und C' enthalten, im ersten Fall $= 180° - 2I$, und im letzten $= 180°$ seyn wird.

Da nun M unter P im Gleichgewicht ist (Vorauss.), und P und Q symmetrisch sind (Constr.); so wird auch M unter Q (Lehrs. 11, *a.*) im Gleichgewicht seyn. Da ferner A und A', so wie B und B', einander in Bezug auf die Intensität gleich, und der Richtung nach entgegen gesetzt sind (Constr., Erkl. 11.), so wird jedes Paar für sich (Lehrs. 15.), und also auch M unter C und C' gesondert (Lehrs. 11, *b.*) im Gleichgewicht seyn. Dem 15ten Lehrsatze nach hat man also $180° - 2I = 180°$, und daher $I = 0°$.

Zusatz und Erkl. 13. Hiernach können die Richtungen von drei, sich an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht befindenden Kräften stets durch die Punkte auf der Peripherie eines, von dem Punkte M selbst, mit einem beliebigen Radius, in der Ebene der drei Richtungen, gezogenen Kreises angegeben werden, in denen diese von dem Radius, die Richtungen der Kräfte darstellend, geschnitten wird. Was die Bezeichnung dieser Punkte selbst anbelangt, so kann solche mittelst der Gröfse der Bo-

gen geschehen, die, in einem bestimmten Sinne von 0 bis 2π gezählt (wo π die Hälfte des Kreisumfanges in Theilen des Radius bezeichnet), zwischen ihnen und einem gemeinschaftlichen, als gegebenen betrachteten Anfangspunkt enthalten sind.

Wir wollen uns dieser Bestimmungsweise, für diesen besondern Fall, einstweilen bedienen, und die Gröfse jenes Bogens, der Kürze wegen, die Länge der Kraft nennen: so dafs eine Länge $= -l$, wo l eine positive Gröfse bezeichnet, gleichbedeutend ist mit einer Länge $= 2n\pi - l$, wo n irgend eine ganze Zahl andeutet, und dafs die Differenz zwischen den Längen zweier Kräfte gleich dem Winkel ist, den ihre Richtungen mit einander bilden, in sofern man sich auch der überstumpfen Winkel bedient.

Lehrs. 17. Befindet sich ein System P von drei Kräften, A, B, C, von denen, der Reihe nach, die Intensitäten a, b, c, und die Längen α, $\alpha+\beta$, $\alpha+\gamma$ sind, an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht: so wird, wenn $b=a$ ist, γ entweder gleich $\frac{1}{2}\beta$, oder gleich $\frac{1}{2}\beta+\pi$ seyn.

Beweis. Neben dem System P denke man sich ein symmetrisches System P', von dessen Kräften A', B', C', die Längen, der Reihe nach, $\alpha+\beta+\pi$, $\alpha+\pi$ und $\alpha+\beta+\pi-\gamma$ seien, angebracht. Da nun M unter P im Gleichgewicht ist (Vorauss.), so wird auch M unter P' (Lehrs. 10.), und also auch unter P und P' zusammen (Lehrs. 11, *a*.) im Gleichgewicht seyn. Ist nun $b=a$, so werden A und B', so wie B und A', als einander in Bezug auf die Intensität gleich, und der Richtung nach entgegen gesetzt, (Constr.), paarweise für sich (Lehrs. 15.), und daher auch C und C' gesondert (Lehrs. 11, *b*.) im Gleichgewicht seyn. Nach Lehrs. 14. hat man also:

entweder $\alpha+\gamma+\pi = \alpha+\beta+\pi-\gamma$,
oder $\alpha+\gamma = \alpha+\beta+\pi-\gamma+\pi$;

folglich: entweder $\gamma = \frac{1}{2}\beta$,
oder $\gamma = \frac{1}{2}\beta+\pi$.

Lehrs. 18. Befindet sich ein System P von drei Kräften A, B, C, an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht; so wird, wenn, unter Festhaltung der Bezeichnung des vorigen Lehrsatzes, $\beta = \frac{1}{2}\pi$ ist, zwischen den drei Intensitäten a, b, c, nothwendigerweise folgende Gleichung statt finden müssen:

$$c^2 = a^2 + b^2.$$

Beweis. Neben dem Systeme P,

dessen Kräfte.....	A,	B,	C,
deren Intensitäten...	a,	b,	c,
und deren Längen...	α,	$\alpha+\frac{1}{2}\pi$,	$\alpha+\gamma$

sind, denke man sich ein zweites System P' angebracht,

dessen Kräfte.....	A',	B',	C,
deren Intensitäten...	$\mu' a$,	$\mu' b$,	$\mu' c$,
und deren Längen...	$\pi+\alpha+\gamma$,	$\frac{1}{2}\pi+\alpha+\gamma$,	$\pi+\alpha$,

wie auch ein drittes System P'',

dessen Kräfte.....	A'',	B'',	C'',
deren Intensitäten...	$\mu'' a$,	$\mu'' b$,	$\mu'' c$,
und deren Längen...	$\frac{3}{2}\pi+\alpha+\gamma$,	$\pi+\alpha+\gamma$,	$\frac{3}{2}\pi+\alpha$

seien.

Da sich M unter P im Gleichgewicht befindet (Vorauss.), und P' und P'', für $\mu'=1$ und $\mu''=1$, mit P symmetrisch sind (Erkl. 11.); so wird sich auch M unter P, P', P'' zusammen im Gleichgewicht befinden, und zwar unabhängig von μ' und μ'' (Lehrs. 10, 11, *a* und 12.). Setzt man nun $\mu'=\frac{a}{c}$, $\mu''=\frac{b}{c}$, so werden, wie man leicht sieht, sechs von jenen neun Kräften, die einander in Absicht auf die Richtung je zwei entgegen gesetzt sind, einander paarweise in Bezug auf die Intensität gleich, und daher für sich im Gleichgewicht seyn (Lehrs. 15.); mithin auch die drei übrigen

Kräfte	C,	A',	B'',
deren Intensitäten...	c,	$\mu' a$,	$\mu'' b$,
und deren Längen..	$\alpha+\gamma$,	$\pi+\alpha+\gamma$,	$\pi+\alpha+\gamma$,

(Lehrs. 11, *b*); und endlich auch die

zwei Kräfte	C,	Q,
deren Längen	$\alpha+\gamma$,	$\pi+\alpha+\gamma$,
u. deren Intensitäten	c,	$\mu' a+\mu'' b$

sind (Lehrs. 3, *b*). In Folge des 15ten Lehrsatzes hat man demnach

$$c=\mu' a+\mu'' b,$$

also, indem man für μ' und μ'' die obigen Werthe substituirt,

$$c^2 = a^2 + b^2.$$

Zusatz. Da der Gleichung $c^2 = a^2 + b^2$ Genüge geschieht, wenn man setzt: $a = c \cos p$, $b = c \sin p$, so folgt, dafs die drei Gröfsen $c \cos p$, $c \sin p$, c, ganz allgemein die Formen repräsentiren, durch welche die Intensitäten von drei, sich an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht befindenden, Kräften, von denen die beiden ersten einen Winkel $= \frac{1}{2}\pi$ einschliefsen, dargestellt werden können, wo c vollkommen beliebig ist, und p entweder als nur von 0 bis $\frac{1}{2}\pi$ wechselnd, oder auch als vollkommen beliebig angesehen werden kann, je nachdem man nahmentlich die Richtung unberücksichtigt lassen, oder berücksichtigen will, in welchem letztern Falle eine Kraft von der Länge α und einer Intensität $= -k$, wo k eine positive Gröfse bezeichnet, einerlei ist mit einer Kraft von der Länge $\alpha + \pi$, und einer Intensität $= k$ (Lehrs. 15, Zusatz.).

Lehrs. 19. Bezeichnen P und P' zwei Systeme, jedes von drei, den Richtungen nach in einerlei Ebene befindlichen, Kräften; sind von dem Systeme P

die Kräfte	A,	B,	C,
deren Längen	α,	$\alpha + \frac{1}{2}\pi$,	$\alpha + \gamma$,
und deren Intensitäten	$c \cos p$,	$c \sin p$,	c,

und von dem Systeme P'

die Kräfte	A',	B',	C',
deren Längen	α',	$\alpha + \frac{1}{2}\pi$,	$\alpha' + \gamma'$,
und deren Intensitäten	$c' \cos p'$,	$c' \sin p'$,	c',

und sind beide Systeme so beschaffen, dafs der Punkt M sich unter einem jeden gesondert im Gleichgewicht befinden würde: so wird derselbe auch unter jedem andern Systeme Π im Gleichgewicht seyn, dessen

Kräfte.....	X,	Y,	Z,
deren Längen	0,	$\frac{1}{2}\pi$,	$\gamma + \gamma' - \pi$,
und deren Intensitäten	$c \cos(p+p')$,	$c \sin(p+p')$,	c

sind, in sofern man, der Bemerkung des vorigen Zusatzes gemäfs, unter einer Kraft von der Länge λ und der Intensität $-k$ eine Kraft von

der Länge $\lambda + \pi$ und von der Intensität k, wie auch unter einer Länge $-\lambda$ die gleichbedeutende $2n\pi - \lambda$ verstcht.

Beweis. Zu dem Systeme P denke man sich erstlich ein System Q, von dessen drei Kräften

die Längen	α,	$\alpha + \frac{1}{2}\pi$,	$\alpha + \gamma$,
und die Intensitäten	$\mu c \cos p$,	$\mu c \sin p$,	μc,

zweitens ein System Q', von dessen Kräften

die Längen.....	$\alpha + \frac{1}{2}\pi$,	$\alpha + \pi$,	$\alpha + \gamma + \frac{1}{2}\pi$,
und die Intensitäten	$\mu' c \cos p$,	$\mu' c \sin p$,	$\mu' c$

seien. Ferner denke man sich zu dem System P' ein System $Q_{(1)}$, von dessen Kräften

die Längen.....	$\alpha + \gamma - \pi$,	$\alpha + \gamma - \frac{1}{2}\pi$,	$\alpha + \gamma + \gamma' - \pi$,
und die Intensitäten	$\mu_1 c' \cos p'$,	$\mu_1 c' \sin p'$,	$\mu_1 c'$

seien. Da sich M im Gleichgewicht befindet, sowohl unter P als P' (Voraus.), so wird auch M im Gleichgewicht seyn unter Q, Q' und $Q_{(1)}$ zusammen, und zwar unabhängig von μ, μ', und μ_1 (Lehrs. 10, 11, *a.*, 12). Für den besondern Fall nun, wo

$$\mu = \frac{\mu_1 c \cos p}{c}, \qquad \mu' = \frac{\mu_1 c' \sin p'}{c}, \qquad \mu_1 c' = c,$$

also $\mu = \cos p'$, $\mu' = \sin p'$, $\mu_1 = \frac{c}{c'}$

ist, werden, wie man sich leicht überzeugt, die Kräfte, deren Längen $\alpha+\gamma$, $\alpha+\gamma-\pi$; wie auch $\alpha+\gamma+\frac{1}{2}\pi$, $\alpha+\gamma-\frac{1}{2}\pi$, sind, paarweise, als einander in Absicht auf die Intensität gleich, und der Richtung nach entgegen gesetzt, im Glcichgcwicht seyn (Lehrs. 15.); mithin wird, nach Lehrs. 11, *b.*, das Glcichgewicht auch unter den fünf übrigen Kräften statt findcn,

deren Längen.....	α,	$\alpha+\pi$;	$\alpha+\frac{1}{2}\pi$, $\alpha+\frac{1}{2}\pi$;	$\alpha+\gamma+\gamma'-\pi$,
u. deren Intcnsitäten	$\mu c \cos p$,	$\mu' c \sin p$;	$\mu c \sin p$, $\mu' c \cos p$;	$\mu_1 c'$

sind. Da sich nun die erste von diesen fünf Kräften substituiren läfst durch zwei andere Kräfte, ebenfalls von der Länge α, deren Intensitäten ($\mu c \cos p - \mu' c \sin p$) und $\mu' c \sin p$ sind (Lehrs. 3, *b.*): von denen die letztere mit der

zweiten jener fünf Kräfte im Gleichgewicht seyn wird (Lehrs. 15.); da ferner die dritte und vierte jener fünf Kräfte sich substituiren lassen durch eine einzige Kraft von der Länge $\alpha+\frac{1}{2}\pi$ und der Intensität $=\mu c\sin p+\mu' c\cos p$ (Lehrs. 3, *b*); so werden auch, in Folge des Lehrsatzes 11, *b*., die drei Kräfte im Gleichgewicht seyn,

deren Längen.....	α,	$\alpha+\frac{1}{2}\pi$,	$\alpha+\gamma+\gamma'-\pi$,
u. deren Intensitäten	$(\mu c\cos p-\mu' c\sin p)$,	$(\mu c\sin p+\mu c\cos p)$,	$\mu_1 c'$

sind. Substituirt man hier die obigen Werthe von μ, μ' und μ_1, und verbindet mit diesem Resultate Lehrs. 10, so ergiebt sich, dafs die drei Kräfte,

deren Längen.....	0,	$\frac{1}{2}\pi$,	$\gamma+\gamma'-\pi$,
deren Intensitäten...	$c\cos(p+p')$,	$c\sin(p+p')$,	c

im Gleichgewicht seyn werden.

Zusatz. Bezeichnen $P^{(0)}$, $P^{(1)}$, $P^{(2)}$....$P^{(n-1)}$ *n* Systeme, jedes von drei Kräften, von denen ganz allgemein hinsichtlich $P^{(\varrho)}$

die Längen.....	0,	$\frac{1}{2}\pi$,	$\gamma^{(\varrho)}$,
die Intensitäten...	$c^{(\varrho)}\cos p^{(\varrho)}$,	$c^{(\varrho)}\sin p^{(\varrho)}$,	$c^{(\varrho)}$

sind; und befindet sich jedes System gesondert im Gleichgewicht: so ergiebt sich, durch eine wiederholte Anwendung des vorigen Satzes, sehr leicht das Resultat, dafs alsdann auch jedes andere System von drei Kräften im Gleichgewicht seyn wird,

deren Längen

$$0\ ,\quad \ldots\ldots\ldots\quad \tfrac{1}{2}\pi\ ,\quad \ldots\quad \gamma^{(0)}+\gamma^{(1)}+\gamma^{(2)}+\ldots\gamma^{(n-1)}-(n-1)\pi,$$

deren Intensitäten

$$c^{(0)}\cos(p^{(0)}+p^{(1)}+p^{(2)}+\ldots p^{(n-1)}),\ c^{(0)}\sin(p^{(0)}+p^{(1)}+p^{(2)}+\ldots p^{(n-1)})\ ,\quad \ldots\quad c^{(0)}$$

sind.

Setzt man nun, von $\varrho=1$ bis $\varrho=(n-1)$ einschliefslich, $p^{(\varrho)}=p^{(0)}$, $\gamma^{(\varrho)}=\gamma^{(0)}$, was offenbar, nach den Bedingungen des Satzes, erlaubt ist: so führt dies, bei Verallgemeinerung, zu folgendem

Lehrs. 20. Befindet sich ein System von drei Kräften,

deren Längen.....	0,	$\frac{1}{2}\pi$,	γ,
und deren Intensitäten...	$c\cos p$,	$c\sin p$,	c

sind, an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht, so wird sich auch jedes andere System von drei Kräften im Gleichgewicht befinden,

deren Längen.....	0,	$\frac{1}{2}\pi$,	$n\gamma-(n-1)\pi$,
und deren Intensitäten	$c\cos np$,	$c\sin np$,	c

sind, sei es, dafs n eine ganze, gebrochene, oder irrationale Zahl bezeichne.

Beweis. Für n gleich einer ganzen Zahl enthält der Zusatz des vorigen Lehrsatzes bereits die Ableitung dieses Theorems; für die beiden übrigen Fälle ist der Beweis auf eine, der zur Begründung des 12ten Lehrsatzes angewandten, analoge Weise zu führen.

Zusatz. Kennt man also für irgend welche zwei Kräfte A und B, deren Längen 0 und $\frac{1}{2}\pi$, und deren Intensitäten $c\cos p$, $c\sin p$ sind, die Länge γ, einer dritten Kraft c, den beiden vorigen das Gleichgewicht haltend; so wird man, mittelst des letzten Satzes, zu jedweden zwei andern Kräften A' und B', deren Längen α und $\alpha+\frac{1}{2}\pi$, und deren Intensitäten $c'\cos p'$, $c'\sin p'$ sind, die Länge $\alpha+\gamma'$ einer dritten Kraft C' bestimmen können, die ihnen das Gleichgewicht halte. Denn, was auch p und p' seyn mögen, so wird man n stets so bestimmen können, dafs man habe

$$\cos p' = \cos np, \quad \sin p' = \sin np$$

Bezeichnet man diesen besondern Werth von n mit μ, so giebt $\alpha+\mu\gamma-(\mu-1)\pi$ die fragliche Länge der Kraft C'.

In der That, jenem Satze nach, wird alsdann ein System von drei Kräften im Gleichgewicht seyn,

deren Längen.....	0,	$\frac{1}{2}\pi$,	$\mu\gamma-(\mu-1)\pi$,
und deren Intensitäten	$c\cos p'$,	$c\sin p'$,	c

sind; mithin auch jedes System von drei Kräften,

deren Längen.....	α,	$\alpha+\frac{1}{2}\pi$,	$\alpha+\mu\gamma-(\mu-1)\pi$,
und deren Intensitäten	$mc\cos p'$,	$mc\sin p'$,	mc

sind, und zwar unabhängig von m (Lehrs. 10 und 12.). Setzt man daher $m=\frac{c'}{c}$, so gehen die Intensitäten jener drei Kräfte über in $c'\cos p'$, $c'\sin p'$ und c'.

Lehrs. 21. Befindet sich ein System von drei Kräften,

deren Längen.....	0,	$\frac{1}{2}\pi$,	γ,
und deren Intensitäten	$c\cos p$,	$c\sin p$,	c,

sind, an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht: so ist für $p=\frac{1}{4}\pi$, $\gamma=\frac{5}{4}\pi$.

Beweis. Ist $p=\frac{1}{4}\pi$, so ist $c\cos p=c\sin p$, und daher γ entweder $\frac{1}{4}\pi$ oder $\frac{5}{4}\pi$ (Lehrs. 17.). Wäre nun $\gamma=\frac{1}{4}\pi$, so würde sich, in Folge von Lehrs. 20., $n=\frac{4}{3}$ setzend, auch ein System von drei Kräften im Gleichgewicht befinden,

deren Längen.....	0,	$\frac{1}{2}\pi$,	0,
und deren Intensitäten	$c\cos\frac{1}{3}\pi$,	$c\sin\frac{1}{3}\pi$,	c,

mithin in Folge von Lehrs. 3, *b*., auch ein System von zwei Kräften,

deren Längen.....	0,	$\frac{1}{2}\pi$,
und deren Intensitäten	$c\,(1+\cos\frac{1}{3}\pi)$,	$c\sin\frac{1}{3}\pi$

sind, was dem 15ten Lehrsatze widerstreitet. Daher muſs für $p=\frac{1}{4}\pi$, $\gamma=\frac{5}{4}\pi$ seyn.

Substituirt man diese Werthe für p und γ in die Ausdrücke des 20ten Lehrsatzes, und setzt $\frac{n\pi}{4}=q$, so ergiebt sich, daſs jedes System von drei Kräften im Gleichgewicht seyn wird,

deren Längen.....	0,	$\frac{1}{2}\pi$,	$q+\pi$,
und deren Intensitäten	$c\cos q$,	$c\sin q$,	c

sind, und zwar unabhängig von c und q. Bezeichnet man daher die Intensitäten der drei Kräfte, von denen die beiden ersten einen Winkel $=\frac{1}{2}\pi$ bilden, mit a, b, c, und den Winkel, zwischen den Richtungen der ersten und dritten Kraft, von jener nach der zweiten in derselben Ebene herumgezählt, mit $q+\pi$: so hat man

$$c\cos q=a,\quad c\sin q=b,$$

zwei Gleichungen, aus denen sich, in Verbindung mit $\cos^2 q+\sin^2 q=1$, zur Bestimmung der Intensität und Richtung der dritten Kraft, mittelst der beiden vorigen, die drei folgenden ergeben:

$$c^2 = a^2 + b^2, \quad \cos q = \frac{a}{c}, \quad \sin q = \frac{b}{c},$$

Bezeichnet man ferner den numerischen Werth des Winkels, zwischen den Richtungen der zweiten und dritten Kraft enthalten, mit β, so läfst sich die Bedingung, nach welcher $\pi + q$ von der Richtung der ersten nach der zweiten Kraft, in derselben Ebene, herum gezählt werden mufs, offenbar auch durch die Gleichung $\beta = \frac{1}{2}\pi + q$ vertreten: dergestalt, dafs, wenn man $\pi + q = A$ setzt, die obigen Bedingungen durch folgende ersetzt werden können:

$$c^2 = a^2 + b^2, \quad \cos A = -\frac{a}{c}, \quad \sin A = -\frac{b}{c}, \quad \beta = A - \tfrac{1}{2}\pi.$$

Da die Intensitäten der Kräfte, unabhängig von der Richtung betrachtet, als durch Zahlen gegeben angesehen werden, die bekanntlich auch durch positive Gröfsen zu vertreten sind, und der Winkel A von 0 bis 2π gezählt wird (Erkl. 13.): so wird, in Folge von den drei letzten der vorigen Gleichungen, der Werth A stets im dritten, und β stets im zweiten Quadranten liegen. Setzt man demnach den numerischen Werth desjenigen Winkels, zwischen den Richtungen der ersten und dritten Kraft enthalten, der kleiner als π ist, gleich α, folglich $A = 2\pi - \alpha$: so lassen sich jene Gleichungen auch durch folgende ersetzen:

$$c^2 = a^2 + b^2, \quad \cos\alpha = -\frac{a}{c}, \quad \cos\beta = -\frac{b}{c},$$

wofern man die Bedingung hinzufügt, dafs unter α und β resp. die kleinsten Werthe zu verstehen sind.

Verbindet man mit diesem Resultate den 9ten Lehrsatz, so erlangt man folgenden

Lehrs. 21. Befindet sich ein System von drei Kräften, von denen die Richtungen der beiden ersten einen Winkel $= \frac{1}{2}\pi$ mit einander bilden, an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht: so hat man, indem man die Werthe der Intensitäten, der Reihe nach, mit a, b, c, und die Werthe der kleinsten Winkel, zwischen der Richtung der dritten Kraft und denen der ersten und zweiten enthalten, resp. mit α und β bezeichnet,

$$c^2 = a^2 + b^2; \quad \cos\alpha = -\frac{a}{c}, \quad \cos\beta = -\frac{b}{c};$$

und umgekehrt: finden diese Gleichungen statt, so sind die drei Kräfte im Gleichgewicht.

Zusatz. Da den drei vorigen Gleichungen nach, $\cos^2\alpha+\cos^2\beta=1$ ist, so lassen sich dieselben auch durch die drei folgenden vertreten:

$$\cos\alpha=-\frac{a}{c},\quad \cos\beta=-\frac{b}{c},\quad \cos^2\alpha+\cos^2\beta=1.$$

§. 11.

In Beziehung auf den Fall von vier Kräften läfst sich nunmehr folgendes Theorem mit Leichtigkeit darthun.

Lehrs. 23. Befindet sich ein System von vier Kräften, A, B, C, D, von denen die Richtungen der drei ersten einander unter rechten Winkeln schneiden, an einem freien materiellen Punkte im Gleichgewicht: so hat man, in sofern man die Werthe der Intensitäten, der Reihe nach, mit a, b, c, Δ, und die Werthe der kleinsten Winkel, zwischen der Richtung der vierten Kraft und denen der drei ersten enthalten, ebenfalls der Reihe nach, mit α, β, γ bezeichnet,

$$\cos\alpha=-\frac{a}{\Delta},\quad \cos\beta=-\frac{b}{\Delta},\quad \cos\gamma=-\frac{c}{\Delta};$$

und umgekehrt: finden diese Gleichungen statt, so sind die vier Kräfte im Gleichgewicht.

Beweis. Bezeichnet R' eine Kraft, die A und B, und R eine Kraft, die R' das Gleichgewicht hält, so hat man, indem man ihre Intensitäten, der Reihe nach, mit r' und r, und die Werthe der kleinsten Winkel, zwischen ihren Richtungen und denen von A und B enthalten, der Reihe nach, mit ε', η'; ε, η bezeichnet, als nothwendige und zugleich hinreichende Bedingungen,

$$\cos\varepsilon'=-\frac{a}{r'},\quad \cos\eta'=-\frac{b}{r'},\quad \cos^2\varepsilon'+\cos^2\eta'=1 \text{ (Lehrs. 22., Zus.);}$$

$$r=r',\qquad \cos\varepsilon=-\cos\varepsilon',\quad \cos\eta=-\cos\eta' \text{ (Lehrs. 15.).}$$

folglich: $\cos\varepsilon=\frac{a}{r},\quad \cos\eta=\frac{b}{r},\quad \cos^2\varepsilon+\cos^2\eta=1.$ (I).

Da sich M im ursprünglichen Zustande substituiren läfst durch M' unter R' und R (Constr. und Lehrs. 7.), so wird sich M unter A und B substituiren lassen durch M unter A, B, R' und R. Ferner, da sich M unter

A, B und R' substituiren läfst durch M im ursprünglichen Zustande (Constr. und Lehrs. 7.) so wird sich M unter A, B, R' und R substituiren lassen durch M unter R. Also wird sich M unter A und B substituiren lassen durch M unter R; mithin M unter A, B, C, D durch M unter C, D und R. Damit nun die drei letzten, und folglich auch die vier vorigen Kräfte unter einander im Gleichgewicht seien, ist es, nach Lehrs. 22, Zus., nothwendig und hinreichend, dafs man habe, in sofern man den Winkel, zwischen der Richtung von D und R, bis π gezählt, enthalten, mit ϕ bezeichnet,

$$\cos\phi = -\frac{r}{\Delta}, \quad \cos\gamma = -\frac{c}{\Delta}, \quad \cos^2\phi + \cos^2\gamma = 1 \quad \text{(II)}.$$

Bekanntlich hat man nun, indem man mit ζ den Werth des kleinsten Winkels, zwischen der Richtung von R und der von C enthalten, bezeichnet,

$$\left.\begin{aligned} &\cos\phi = \cos\alpha\cos\varepsilon + \cos\beta\cos\eta + \cos\gamma\cos\zeta, \\ &\cos^2\varepsilon + \cos^2\eta + \cos^2\zeta = 1, \\ &\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1. \end{aligned}\right\} \text{(III)}.$$

Eliminirt man also zwischen den neun Gleichungen (I), (II), (III) die fünf Gröfsen r, ε, η, ζ, ϕ; so ergeben sich die folgenden drei von einander unabhängigen Bedingungen, als die, zum Behuf des Gleichgewichts, nicht allein nothwendigen, sondern auch zugleich hinreichenden:

$$\cos\alpha = -\frac{a}{\Delta}, \quad \cos\beta = -\frac{b}{\Delta}, \quad \cos\gamma = -\frac{c}{\Delta};$$

indem die Gleichung $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$ in Folge der mit α, β, γ verbundenen Begriffe statt findet.

Zusatz. Denkt man sich die Intensität Δ der vierten Kraft D, nebst den Winkeln α, β, γ, welche ihre Richtung mit den Richtungen von drei gegebenen, einander unter rechten Winkel schneidenden Coordinaten-Axen bildet, als bestimmt, so werden sich, den drei vorigen Gleichungen gemäfs, stets drei Kräfte, nach eben diesen Axen gerichtet, von den Intensitäten a, b, c, nachweisen lassen, die mit jener vierten Kraft D das Gleichgewicht bilden, wofern nur α, β, γ resptv. gröfser als $\frac{1}{2}\pi$ sind. Da ferner, wenn einer von diesen Winkeln, z. B. α, kleiner als $\frac{1}{2}\pi$ ist, der Winkel, den die Richtung von D mit der jener gegebenen Richtung, entgegengesetzten bildet, gleich $\pi - \alpha$, also gröfser als $\frac{1}{2}\pi$ ist: so folgt, dafs sich zu einer Kraft

D stets drei andere A, B, C, in Absicht auf ihre Richtungen resptv. mit denen von drei gegebenen, einander unter rechten Winkel schneidenden, Coordinaten-Axen entweder parallel, oder in Gegensatz, nachweisen lassen, die ihr an einem freien materiellen Punkte das Gleichgewicht halten.

Den vorigen Gleichungen nach, wird die Intensität gegeben durch $a = -\Delta \cos \alpha$, wenn α gröfser als $\frac{1}{2}\pi$ ist: und durch $a = -\Delta \cos(\pi - \alpha) = \Delta \cos \alpha$, wenn α kleiner, als $\frac{1}{2}\pi$ ist. Daher wird der numerische Werth der Intensität a, für beide Fälle, durch eine und dieselbe Gleichung

$$a = -\Delta \cos \alpha$$

gegeben werden, während das negative Zeichen, mit welchem dieser Werth, für den letzten Fall, nothwendiger Weise behaftet ist, eine Richtung für die entsprechende Kraft A andeutet, die derjenigen, auf welche der Winkel α bezogen gedacht wird, entgegen gesetzt ist. Ein ähnliches wird mit Bezug auf die Werthe b und c statt finden, in sofern man sie ganz allein durch die Gleichungen

$$b = -\Delta \cos \beta, \quad c = -\Delta \cos \gamma$$

bestimmt haben will.

§. 12.

Mit diesen Ergebnissen ausgerüstet, gelangt man mit Leichtigkeit zu dem folgenden allgemeinen Theorem.

Lehrs. 24. Damit sich ein freier materieller Punkt M unter einem Systeme von n Kräften $K_1, K_2, K_3, \ldots K_\varrho, \ldots K_n$, im Gleichgewicht befinde, ist es, in sofern man, ganz allgemein, die Intensität von K_ϱ mit P_ϱ, und die Winkel, welche die Richtung derselben mit denen von drei gegebenen, einander unter rechten Winkel schneidenden, Coordinaten-Axen bildet, mit $\alpha_\varrho, \beta_\varrho, \gamma_\varrho$ bezeichnet, wie auch

$$P_1 \cos \alpha_1 + P_2 \cos \alpha_2 + P_3 \cos \alpha_3 + \ldots P_\varrho \cos \alpha_\varrho + \ldots P_n \cos \alpha_n = \sum_1^n P_\varrho \cos \alpha_\varrho,$$

$$P_1 \cos \beta_1 + P_2 \cos \beta_2 + P_3 \cos \beta_3 + \ldots P_\varrho \cos \beta_\varrho + \ldots P_n \cos \beta_n = \sum_1^n P_\varrho \cos \beta_\varrho,$$

$$P_1 \cos \gamma_1 + P_2 \cos \gamma_2 + P_3 \cos \gamma_3 + \ldots P_\varrho \cos \gamma_\varrho + \ldots P_n \cos \gamma_n = \sum_1^n P_\varrho \cos \gamma_\varrho,$$

setzt, nothwendig und hinreichend, dafs man habe

$$\sum_1^n P_\varrho \cos \alpha_\varrho = 0, \quad \sum_1^n P_\varrho \cos \beta_\varrho = 0, \quad \sum_1^n P_\varrho \cos \gamma_\varrho = 0.$$

Beweis. Es bezeichnen α_ϱ', β_ϱ', γ_ϱ' die Werthe der Winkel, welche die Richtung von $K_{(\varrho)}$ mit den drei Richtungen bildet, die jenen drei als gegeben betrachteten resp. entgegen gesetzt sind; und A_ϱ', B_ϱ', C_ϱ' drei Kräfte nach diesen neuen, oder ihnen entgegen gesetzten Richtungen. Damit nun diese mit K_ϱ im Gleichgewicht seien, ist es, nach Lehrs. 23, Zus. nothwendig und hinreichend, dafs man habe

$$\cos\alpha_\varrho' = -\frac{a_\varrho'}{P_\varrho}, \quad \cos\beta_\varrho' = -\frac{b_\varrho'}{P_\varrho}, \quad \cos\gamma_\varrho' = -\frac{c_\varrho'}{P_\varrho},$$

wo a_ϱ', b_ϱ', c_ϱ' die numerischen Werthe der Intensitäten von A_ϱ', B_ϱ', C_ϱ in Verbindung mit den, sich auf die Richtung beziehenden, algebraischen Zeichen repräsentiren; und es ist ferner, in Folge der Construction

$$\alpha_\varrho' = \pi - \alpha_\varrho, \quad \beta_\varrho' = \pi - \beta_\varrho, \quad \gamma_\varrho' = \pi - \gamma_\varrho.$$

Bezeichnen nun A_ϱ, B_ϱ, C_ϱ drei andere Kräfte, den Kräften A_ϱ', B_ϱ', C_ϱ', der Reihe nach, in Absicht auf die Richtungen entgegengesetzt, und mit ihnen im Gleichgewicht; so hat man, vermöge der Construction und des 15ten Lehrsatzes, indem man die Intensitäten derselben durch a_ϱ, b_ϱ, c_ϱ, und die Winkel, ziswchen ihren Richtungen und der von K_ϱ enthalten, durch α_ϱ'', β_ϱ'', γ_ϱ'' andeutet,

$$\begin{array}{lll} a_\varrho = a_\varrho', & \beta_\varrho = b_\varrho, & c_\varrho = c_\varrho'; \\ \alpha_\varrho'' = \pi - \alpha_\varrho', & \beta_\varrho'' = \pi - \beta_\varrho', & \gamma_\varrho'' = \pi - \gamma_\varrho', \end{array}$$

Verbindet man diese Gleichungen mit den vorigen, so kommt

$$\cos\alpha_\varrho'' = \frac{a_\varrho}{P}, \quad \cos\beta_\varrho'' = \frac{b_\varrho}{P_\varrho}, \quad \cos\gamma_\varrho'' = \frac{c_\varrho}{P_\varrho};$$

$$\alpha_\varrho'' = \alpha_\varrho, \quad \beta_\varrho'' = \beta_\varrho, \quad \gamma_\varrho'' = \gamma_\varrho.$$

Auf eine, in dem Beweise des vorigen Lehrsatzes angewandte, Weise ergiebt sich ferner, dafs sich M unter K_ϱ substituiren läfst durch M unter A_ϱ, B_ϱ, C_ϱ, für welche also dem Vorigen nach, die folgenden Gleichungen statt finden:

$$a_\varrho = P_\varrho\cos\alpha_\varrho, \quad b_\varrho = P_\varrho\cos\beta_\varrho, \quad c_\varrho = P_\varrho\cos\gamma_\varrho \ldots\ldots (\mathrm{I}).$$

Da dieses Resultat von ϱ unabhängig ist, so folgt, dafs sich die $(n-1)$ ersten Kräfte des Systems substituiren lassen durch drei Gruppen von Kräften, resp. von den vorigen Formen, von $\varrho = 1$ bis $\varrho = n-1$ einschliefslich genommen. In Folge des Lehrs. 15, Zus., in Verbindung mit Lehrs. 23, Zus., wird sich ferner die Gruppe von Kräften

$$A_1, A_2, A_3, \ldots A_\varrho, \ldots A_{n-1},$$

als insgesammt mit der entsprechenden Coordinaten-Axe von einerlei oder entgegengesetzter Richtung, je nachdem nahmentlich die durch die vorigen Gleichungen bestimmten Werthe der Intensitäten mit dem positiven oder negativen Zeichen behaftet, substituiren lassen durch eine einzige Kraft X, derer Intensität

$$x = a_1 + a_2 + a_3 + \cdots\cdots a_t + \cdots\cdots a_n \cdots\cdots (2),$$

die mit der entsprechenden Coordinaten-Axe von einerlei oder entgegen gesetzter Richtung seyn wird, je nachdem der Werth x mit dem positiven oder negativen Zeichen behaftet ist. Aus denselben Gründen, und unter analogen Bestimmungen, werden sich die Gruppen

$$B_1, \; B_2, \; B_3, \cdots\cdots B_t, \cdots\cdots B_{n-1},$$
$$C_1, \; C_2, \; C_3, \cdots\cdots C_t, \cdots\cdots C_{n-1},$$

der Reihe nach, substituiren durch die Kräfte Y und Z, von den Intensitäten y und z, wo

$$y = b_1 + b_2 + b_3 + \cdots\cdots b_t + \cdots\cdots b_{n-1} \cdots\cdots (3)$$
$$z = c_1 + c_2 + c_3 + \cdots\cdots c_t + \cdots\cdots c_{n-1} \cdots\cdots (4)$$

ist. Damit nun endlich die Kräfte X, Y, Z mit der n^{ten}Kraft K_n im Gleichgewicht seien, ist es, nach Lehrs. 23, Zus. nothwendig und hinreichend, dafs man habe

$$x = -P_n \cos \alpha_n, \quad y = -P_n \cos \beta_n, \quad z = -P_n \cos \gamma_n.$$

Verbindet man mit diesen Gleichungen die Gleichungen (1), (2), (3), (4), und berücksichtigt dabei die oben eingeführte Bezeichnung; so erlangt man, als die, zum Behuf des Gleichgewichts nothwendigen, und zugleich hinreichenden, Bedingungen,

$$\sum_1^n P_t \cos \alpha_t = 0, \quad \sum_1^n P_t \cos \beta_t = 0, \quad \sum_1^n P_t \cos \gamma_t = 0.$$

Abhandlungen

der

historisch-philologischen Klasse

der

Königlichen

Akademie der Wissenschaften

zu Berlin.

Aus dem Jahre

1826.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königl. Akademie der Wissenschaften.

1829.

In Commission bei F. Dümmler.

Inhalt.

Ideler über die von d'Anville in die alte Geographie eingeführten Stadien..... Seite 1
Buttmann über die Entstehung der Sternbilder auf der griechischen Sfäre ..... - 19
Bopp. Vergleichende Zergliederung des Sanskrits und der mit ihm verwandten Sprachen..... - 65
Ritter über geographische Stellung und horizontale Ausbreitung der Erdtheile - 103
Bekker. Der Roman von Fierabras, Provenzalisch..... - 129

Über

die Längen- und Flächenmafse der Alten.

Dritter Theil.

Von den Wegemafsen der alten Geographie.

Zweiter Abschnitt.

Über die von d'Anville in die alte Geographie eingeführten Stadien (*).

Von

H^rn. IDELER.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 13. Julius 1826.]

Ich habe in den Jahren 1812 und 13 der königlichen Akademie eine Abhandlung über die Längen- und Flächenmafse der Alten vorgelegt, worin ich nicht blofs die Verhältnisse der einzelnen Mafse noch sorgfältiger als meine Vorgänger zu ermitteln, sondern auch die ihnen zum Grunde liegenden Einheiten, den römischen und griechischen Fufs, auf mehr als einem Wege zu bestimmen mich bemüht habe. Das Resultat dieser Untersuchungen, so weit es die Wegemafse betraf, war das längst bekannte, dafs die geographische Meile oder der funfzehnte Theil eines mittleren Breitengrades sich sehr nahe mit 5 mille passus oder römischen Meilen und mit 40 olympischen Stadien vergleicht. Auch habe ich wahrscheinlich zu machen gesucht, dafs die Griechen, bei aller Verschiedenheit ihrer übrigen gesetzlichen Einrichtungen, nur einerlei Fufsmafs gebrauchten, und dafs ihnen bei der Feststellung desselben die olympische Rennbahn, die, wie jede andere, 600 Fufs hielt, als Typus diente, so dafs ihnen das Wort Stadium, das bekanntlich die Rennbahn bezeichnet, zugleich eine Länge von 600 Fufs bedeutete. Um diese lange unterbrochene Untersuchung zu beendigen, blieb mir noch die wichtige Frage zu beantworten übrig, ob man mehrere Wegemafse des Namens Stadium, oder nur eins, das olympische, anzu-

(*) Der erste Abschnitt findet sich in den Abhandlungen der Akademie vom Jahr 1825.

nehmen habe. Um mir die Lösung derselben vorzubereiten, habe ich in meiner letzten Vorlesung von den Gradmessungen der Alten gehandelt und zu zeigen gesucht, dafs die Nachrichten, die darüber auf uns gekommen sind, von ihren Methoden eine viel zu ungünstige Idee erwecken, als dafs die von einigen französischen Gelehrten daraus abgeleiteten und in die alte Geographie eingeführten Stadien zu $1111\frac{1}{9}$, $833\frac{1}{3}$, 700, $666\frac{2}{3}$ und 500 auf den Erdgrad, wenn sich nicht anderweitige Beweise dafür beibringen liefsen, irgend einiges Zutrauen verdienten. Durch diese Abhandlung glaube ich das Unstatthafte, wenigstens Unsichere, der fünf von Hrn. Gossellin angenommenen astronomischen Stadien dargethan zu haben, es sei denn in den Augen derer, die, so wie er, alle geographische Kenntnisse der Griechen, mit Ausnahme einiges Details, als Überreste einer frühzeitig untergegangenen wissenschaftlichen Cultur der Phönizier, Chaldäer und anderer asiatischen Völker zu betrachten geneigt sind. Die ganze Frage reducirt sich jetzt nur darauf, ob wir neben dem olympischen Stadium zu 40 auf die geographische Meile noch die zwei von d'Anville zuerst aufgestellten kürzern zu 50 und 75 anzunehmen haben; denn so manche andere Stadien, die das Ausland seit der letztern Hälfte des vorigen Jahrhunderts hervorgebracht hat, sind längst in ihr Nichts zurückgesunken. Die deutschen Geographen, mit Hrn. Mannert an ihrer Spitze, wollen an keine Verschiedenheit des Stadiums glauben.

Ich mache mit dem angeblichen Stadium zu 75 auf die geographische Meile den Anfang. Ein solches Wegemafs müfste nicht mehr als 314 rheinländische oder preufsische Fufs gehalten haben. Da nun Stadium bei den Griechen eben so eine Länge von 600 Fufs hiefs, wie bei uns Ruthe von 12, so konnten sie gar nicht darauf fallen, ein Stadium von dieser Länge zu bilden, weil sie sonst den Fufs eines Kindes zum Modell hätten nehmen müssen. Wenn wir demnach manche allerdings befremdende Stadienangaben beim Herodot durch ein so kurzes Stadium erklären wollten, so müfsten wir mit d'Anville sagen, er habe irgend ein auswärtiges, in Ägypten oder anderswo gebräuchliches, von dem olympischen Stadium sehr verschiedenes Wegemafs eben so mit dem Worte Στάδιον belegt, wie er sich zur Bezeichnung eines gröfsern anerkannt ägyptischen Mafses des griechischen Wortes Σχοῖνος bedient.

Σχοῖνος, schoenus, ist ein Ägypten vorzugsweise angehöriges Wegemafs, dessen einheimischen Namen wir nicht kennen (1). Nach Hieronymus war es von den Stationen der Schiffszieher am Nil entlehnt. *In Nilo flumine,* heifst es bei ihm (2), *sive in rivis eius, solent naves funibus trahere, certa habentes spatia, quae appellant funiculos, ut labori defessorum recentia trahentium colla succedant.* Man wird leicht erachten, dafs die Intervalle dieser Stationen durch die Localität und das Gefälle des Flusses bedingt waren; und wirklich versichert Strabo (3), beim Befahren des Nils bemerkt zu haben, dafs sie eine veränderliche Länge hatten, sich defsfalls auch auf Artemidor von Ephesus berufend, nach welchem sich die Schoinen verkürzten, so wie man den Nil hinauffuhr, so dafs sie zwischen Theben und Syene nur noch halb so lang waren, als zwischen Memphis und Theben. Wenn er aber hieraus schliefsen will, dafs auch das davon entlehnte Wegemafs wandelbar und unbestimmt war, so können wir ihm unmöglich beipflichten, da es gar nicht wahrscheinlich ist, dafs der Schoinos, das einzige uns bekannte Wegemafs der Ägypter, nicht eine gesetzliche Länge erhalten haben sollte.

Das *Itinerarium Antonini* bezeichnet eine Station zwischen Pelusium und dem Berge Casius, welche es von jedem dieser Punkte um zwanzig römische Meilen entfernt setzt, mit dem Namen *Pentaschoenon* (4). Hieraus folgern Wesseling und d'Anville (5) gewifs nicht mit Unrecht, dafs der

(1) Da Σχοῖνος, Schnur, für ein geodätisches Mafs eine so natürliche Benennung ist, so kann ein solches unter analogen Namen auch aufser Aegypten existirt haben; und wirklich legt Plinius (H. N. VI, *sect.* 30) den Schoenus zugleich mit dem Parasang auch den Persern bei — *Persae quoque schoenos et parasangas alii alia mensura determinant.* Nach Strabo (l. XI, p. 530) hat Theophanes aus Mitylene, der Begleiter und Geschichtschreiber des Pompeius, den Schoinos zur Ausmessung Armeniens gebraucht, und Isidorus von Charax, ein im ersten Jahrhundert nach Christus lebender Geograph, gibt in einem auf uns gekommenen kurzen Aufsatz des Titels σταθμοὶ παρθικοὶ (Geogr. Min. Vol. II) die Dimensionen des damaligen Reichs der Parther in Schoinen an. Nach Athenäus (III, p. 122) soll Σχοῖνος gar ein persisches Wort sein, was ihm schwerlich jemand glauben wird. Wir kennen aber das Gehalt dieses Mafses nur mit Bezug auf Aegypten mit Sicherheit.

(2) *Comment. in Ioëlem,* Tom. VI, p. 215 der veroneser Ausgabe seiner Werke.

(3) l. XVII, p. 804. Vergl. l. XI, p. 518.

(4) S. 152 der wesselingischen Ausgabe der römischen *Itineraria.*

(5) S. 83 seines *Mémoire sur la mesure du Schène Egyptien et du stade qui servoit à le composer. Mém. de l'Acad. des Inscr.* Tom. XXVI.

Schoinos vier römische Meilen hielt. Eben dies sagt uns Heron ausdrücklich (1), und da er, wie ich zu seiner Zeit gezeigt habe, der römischen Meile $7\frac{1}{2}$ Stadien beilegt, so setzt er hinzu, dafs auf den Schoinos dreifsig Stadien gehen. Auch beim Epiphanius kommen ein paar Reductionen vor, die diese Meilenzahl geben (2).

Gehen demnach vier römische Meilen auf den Schoinos, so hielt dieses ägyptische Wegemafs 32 olympische Stadien, die wir auch beim Plinius genannt finden — *aliqui XXXII stadia singulis schoenis dedere* (3). Es kommen aber noch anderweitige Reductionssätze zu 30, 40 und 60 Stadien vor. Der 30 Stadien gedenkt nicht blofs der sehr spät lebende Heron, der sich eines von dem olympischen verschiedenen, etwas gröfsern Fufses bediente; sie liegen auch mehreren Reductionen beim Strabo (4) und Ptolemäus (5) zum Grunde. Rührt dieser Unterschied von zwei Stadien nicht etwa daher, dafs der Schoinos sich nicht genau mit vier römischen Meilen verglich, sondern ein wenig kürzer war (beide Mafse waren ohne Zweifel unabhängig von einander bestimmt), so läfst er sich nur daraus erklären, dafs man den Schoinos mit dem Parasang verwechselte, dem Herodot, Xenophon und andere dreifsig Stadien geben. Vierzig Stadien legte dem Schoinos Eratosthenes bei, wie uns Plinius sagt (6), sechzig niemand weiter als Herodot (7).

Beim letztern findet sich nämlich folgende Stelle (8): „Die Ausdehnung Ägyptens am Meer beträgt nach meiner Bestimmung 60 Schoinen, vom

---

(1) Ἡ σχοῖνος ἔχει μίλια δ', σταδίους λ'. *Analecta* p. 315. Die Spätern machen σχοῖνος zu einem Femininum.

(2) *Haeres.* XIX, c. 4. Isidorus von Charax hat nach Hrn. Rennell (*The geogr. system of Herodotus* p. 19) den Schoinos eben so gerechnet.

(3) H. N. XII, 30.

(4) l. XVII. a. a. O.

(5) *Geogr.* l. I. c. 11 und 12.

(6) *Schoenus patet Eratosthenis ratione stadia XL, hoc est, passuum quinque millibus.* An der eben citirten Stelle. Die 5 römischen Meilen sind eine vom Plinius hinzugefügte Reduction der 40 Stadien. Er rechnet immer acht Stadien auf die römische Meile.

(7) Nach d'Anville (S. 83) sollen die 60 Stadien auch beim Diodor (I, 51) vorkommen. Er hatte aber blofs die lateinische Uebersetzung vor Augen, welche die im Original erwähnten 10 Schoinen nach Herodot's Weise auf 600 Stadien reducirt.

(8) II, 6.

plinthinetischen Meerbusen bis zum See Serbonis, an den der Berg Kasion stöfst. Zwischen diesen Grenzen sind die 60 Schoinen gerechnet; denn die an Land armen Menschen haben ihr Eigenthum nach Klaftern, die minder armen nach Stadien, die mit vielem Boden versehenen nach Parasangen, und die besonders reichlich damit ausgestatteten nach Schoinen gemessen. Der Parasang hält aber dreifsig Stadien, und der Schoinos, ein ägyptisches Mafs, sechzig. So gehn also auf die Ausdehnung Ägyptens längs dem Meer 3600 Stadien." Man hat aus diesen Worten schliefsen wollen, dafs auch die Ägypter Mafse von der Länge des Stadiums und des Parasangs gebraucht haben. Allein Herodot will blofs sagen, dafs die Feldmafse der verschiedenen Völker nach der Gröfse der auszumessenden Grundstücke verschieden sind; dafs die Griechen, deren Portionen nur klein ausfallen, nach Klaftern und Stadien, die Perser, welche mehr Ländereien besitzen, nach Parasangen, und die noch reicher damit versehenen Ägypter nach Schoinen rechnen. Nur den Schoinos erklärt er hier ausdrücklich für ein ägyptisches Mafs.

Nach obiger Bestimmung des Schoinos zu vier römischen oder $\frac{4}{5}$ geographischen Meilen hält wirklich die Küste Ägyptens zwischen den angegebenen Grenzen 60 Schoinen oder 48 geographische Meilen. Auch anderweitige Angaben bei den Alten kommen hiermit nahe überein. Von Taposiris am plinthinetischen Meerbusen bis Alexandrien sind nach der peutingerischen Tafel 25 römische Meilen (1); von der Insel Pharos bis zur kanopischen Nilmündung nach Strabo (2) 150 Stadien; von hier bis zur pelusischen Mündung (man nannte dies die Basis des Delta) nach eben demselben 1300 Stadien, und von Pelusium bis zum Tempel des Jupiter Casius nach Antonini *Itinerarium* (3) 40 römische Meilen. Meint hier Strabo, wie gewöhnlich, olympische Stadien, so erhalten wir 1970 Stadien oder 246 römische, oder 49 geographische Meilen. Diodor setzt dafür die runde Zahl von 2000 Stadien (4).

Nicht ganz so befriedigend sagt obiger Bestimmung des Schoinos der von Herodot angenommene Abstand Thebens vom Meere zu. Er berichtet

(1) In ihrem Tapostri ist das alte Taposiris nicht zu verkennen.
(2) l. XVII, p. 791.
(3) S. oben.
(4) l. I. c. 31.

nämlich, Heliopolis sei vom Meer 1500 Stadien und von Theben 9 Tagefahrten, zusammen 81 Schoinen oder 4860 Stadien, mithin Theben vom Meer 6360 Stadien entfernt (1). Da er überall 60 Stadien auf den Schoinos rechnet, so kommt der ganze Abstand auf 106 Schoinen zu stehen. Dieses Intervall beträgt aber nach d'Anville's und Rennell's Karten, den Krümmungen des Nils nachgemessen, wie es Herodot ohne Zweifel genommen wissen will, 120 Schoinen. Es ergibt sich also ein Unterschied von 14 Schoinen oder 11 Meilen, der jedoch, da er nur etwa $\frac{1}{9}$ des Ganzen beträgt, zu unbedeutend ist, als dafs wir uns dadurch veranlafst finden könnten, in die Richtigkeit obiger Bestimmung des Schoinos Mifstrauen zu setzen.

Wie hat man sich nun aber die sechzig Stadien zu erklären, die Herodot auf den Schoinos rechnet, der an olympischen Stadien nur zwei und dreifsig hielt? Die deutschen Geographen, die keine Verschiedenheit des Stadiums gestatten, halten den Schoinos für kein bestimmtes, überall in Ägypten auf gleiche Weise gebrauchtes Wegemafs, und glauben, dafs unser Geschichtschreiber, wenn er sechzig Stadien auf den so schwankenden Schoinos rechnet, gar wohl olympische gemeint haben könne. Dann hätte er aber die Hauptdimensionen Ägyptens um das Doppelte, und die Fläche des Landes um das Vierfache vergröfsert, und der Vorwurf, den ihm schon Isaac Vossius defsfalls in seinen Noten zum Mela macht (2), träfe ihn mit vollem Recht.

Die französischen Geographen dagegen nehmen keinen Anstand, das, was er Stadium nennt, als ein Mafs anzusehen, welches wirklich $\frac{1}{60}$ des Schoinos nach obiger Bestimmung, also $\frac{1}{15}$ der römischen Meile, etwas über die Hälfte des olympischen Stadiums, hielt. Es findet sich nur nirgends bei ihm eine Andeutung, dafs er das Wort Stadium, das er öfters entschieden von einem gröfsern Mafse gebraucht, in mehr als einem Sinn genommen wissen will. Vielmehr geht aus Allem hervor, dafs ihm nur einerlei Stadium vorgeschwebt haben mufs. Dies erhellet besonders aus einer Stelle, wo er, die ungeheuern Dimensionen des Sees Möris in Schoinen und Stadien, und zweier in demselben stehenden Pyramiden in Orgyien oder Klaftern ange-

(1) l. II, c. 7 und 9. Der Text gibt als Summe beider Entfernungen nur 6120 Stadien. Vermuthlich ein Fehler der Abschreiber.

(2) Zu I, 9.

bend, die Bemerkung macht (1): „Hundert Orgyien sind gerade ein Stadium von sechs Plethren, die Orgyie zu sechs Fuſs oder vier Ellen, der Fuſs zu vier und die Elle zu sechs Palästen oder Handbreiten gerechnet." So würde er sich nicht ausgedrückt haben, wenn er nicht hätte zu erkennen geben wollen, daſs die 3600 Stadien, die er dem Umfange des Sees, so wie der Ausdehnung Ägyptens am Meer, und die hundert Orgyien, die er der Höhe der Pyramiden beilegt, gerade die seinen Landsleuten geläufigen Stadien und Orgyien sein sollen. Auch würde er der Basis der Pyramide des Cheops, die er selbst gemessen zu haben versichert (2), mehr als 8 Plethren oder $1\frac{1}{3}$ Stadien gegeben haben (3), wenn das Stadium, dessen er sich bei der Beschreibung Ägyptens bedient, nicht länger als 314 unserer Fuſs gewesen wäre; denn so hätte sie nur 429 Fuſs gehalten, da sie nach der zuverlässigsten, von Hrn. Nouet, dem Astronomen der französischen Expedition, angestellten Messung 227 Mètres oder 724 unserer Fuſs lang ist (4).

Daſs das angebliche Stadium zu $\frac{1}{15}$ der römischen oder $\frac{1}{71}$ der geographischen Meile den vom Herodot angegebenen Dimensionen Ägyptens, z. B. den 1500 Stadien, um die er Heliopolis vom Meer entfernt setzt, so gut zusagt, ist ganz natürlich, da er es zu einem anderweitigen ägyptischen Maſs, dem Schoinos, das er im Ganzen richtig gebraucht, in ein constantes Verhältniſs bringt, aus welchem eben seine Länge gefolgert ist. Wäre es als ein eigenthümliches Wegemaſs zu betrachten, so müſsten sich auch anderswo, als in seiner Beschreibung Ägyptens, Spuren davon finden. Dergleichen nimmt nun d'Anville wirklich mehrere wahr. So sollen die 400000 Stadien, die einige alte Mathematiker nach Aristoteles dem Umfange der Erde beigelegt haben (5), keine anderen sein, als eben die in Rede stehenden; denn wenn wir den neuesten Messungen zufolge auf den mittleren Erdgrad 57008 Toisen rechnen, so gehn auf jedes der $1111\frac{1}{9}$ Stadien, die wir hiernach für den Grad erhalten, nicht mehr als 51 Toisen oder 314

(1) II, 149.

(2) II, 127.

(3) II, 124.

(4) Monatl. Corresp. des Herrn von Zach, B. IV, S. 79.

(5) S. den ersten Abschnitt.

preufsische Fufs. — So beweisend aber auch diese Übereinstimmung auf den ersten Blick erscheinen mag, so ist doch die Angabe des Aristoteles zu schwankend, als dafs sich ein sicheres Moment zur Begründung des kurzen Stadiums davon hernehmen liefse.

Herodot sagt (1), der Pontus sei 11100 Stadien lang und 3300 breit, wo er am breitsten sei; der Bosporus habe 4 Stadien Breite auf 120 Stadien Länge; die Propontis 500 Stadien Breite auf 1400 Stadien Länge; der Hellespont, wo er am schmalsten sei, 7 Stadien Breite auf 400 Stadien Länge. Den Dimensionen des Bosporus und Hellesponts thut das olympische Stadium Genüge; für den Pontus und die Propontis ist es zu grofs. Hier nimmt nun d'Anville wieder sein kurzes Stadium zu Hülfe. Man erwäge aber nur, auf welchem unsichern Grunde diese Angaben beruhen. Herodot drückt sich hierüber also aus: „In einem langen Tage legt ein Schiff sieben, und in der Nacht sechs Myriaden Klafter zurück. Man fährt aber von der Mündung des Bosporus bis zum Phasis in neun Tagen und acht Nächten. Dies macht 111 Myriaden Klafter oder 11100 Stadien. Von Sindike bis Themiskyra am Thermodon, wo der Pontus am breitsten ist, schifft man in drei Tagen und zwei Nächten. Dies gibt 33 Myriaden Klafter oder 3300 Stadien. So verhält es sich mit den Mafsen des Pontus, Bosporus und Hellesponts, wie ich sie selbst genommen. Der Palus Mäotis, der sich in den Pontus ergiefst, steht diesem an Gröfse nicht nach." Wenn er sich in Ansehung des asowschen Meers so sehr irren konnte; wenn man erst in der neuesten Zeit durch astronomische Beobachtungen die wahre Gröfse des schwarzen Meers, das man sonst für weit umfassender hielt, kennen gelernt hat (2), und wenn man die Bestimmung der Tagfahrt in einem so stürmischen Meer als höchst unsicher betrachten mufs, so wird man es gar nicht befremdend finden, dafs er die Dimensionen desselben zu grofs angegeben hat, und kein kleineres Mafs suchen wollen, um seine Zahlen mit den heutigen Karten in Übereinstimmung zu bringen. Ein Stadium zu 314 unserer Fufs ist hier um so unstatthafter, da er es zu 100 Klaftern

(1) l. IV, c. 85, 86.

(2) Man sehe die kritische Karte desselben im zweiten Bande von Hrn. v. Zach's Allg. geogr. Ephemeriden.

rechnet, die Klafter also nur 3 Fuſs gehalten haben müſste. Unmöglich kann er, wie Larcher wähnt (1), ein Stadium gemeint haben, das durch die Klafter eines Kindes bedingt war.

Daſs er, wenn sein Stadium ein gröſseres gewesen wäre, die 24stündige Fahrt eines Schiffs, die er auf 1300 Stadien setzt, zu hoch angeschlagen haben würde, darf uns gerade nicht irre machen. Die Angaben der Alten fallen in dieser Beziehung sehr verschieden aus. Marcianus von Heraclea sagt (2): „In einem Tage kann ein mit günstigem Winde segelndes Schiff 700, bei besonders guter Bauart und Führung wol 900, in entgegengesetztem Fall aber kaum 500 Stadien zurücklegen." Skylax (3) bestimmt eine Tagereise zu Wasser, der man eine Nachtreise gleich schätzen könne, zu 500 Stadien. Übereinstimmig hiermit nimmt Theophilus beim Ptolemäus (4) die 24stündige Fahrt — νυχθημέρου πλοῦν — zu 1000 Stadien an. Aristides versichert (5), unter sehr günstigen Umständen öfters 1200 Stadien in einem Tage zur See gemacht zu haben. Wenn man bedenkt, wie sehr es hiebei auf Wind und Wetter, auf Meeresströmungen, auf den Bau des Schiffes und auf die Geschicklichkeit des Steuermanns ankommt, und wie es den alten Seefahrern an allen den Hülfsmitteln zur Bestimmung des zurückgelegten Weges, welche die neuere Schiffahrt darbietet, so gänzlich gebrach, so wird man auf die aus den Tagfahrten gefolgerten Stadienangaben der Alten wenig Gewicht legen (6).

Auch dem Periplus des Nearch soll nach d'Anville und Gossellin das kurze Stadium zum Grunde liegen. In dem Auszuge, den uns

---

(1) S. seine Anmerkung zu dieser Stelle, B. III, S. 503.

(2) *Geogr. Min.* Tom. I. p. 67.

(3) Ebend. p. 30.

(4) *Geogr.* I, 9.

(5) *In Aegypt.* Tom. II, p. 360 ed. Jebb.

(6) Hr. Rennell ist der Meinung (S. 20), daſs Herodot den Pontus in einem ägyptischen Schiffe befahren habe, wo die Rechnung nach Schoinen geführt wurde, die er nach seiner Weise auf Stadien reducirte. Dies läſst sich in der That hören. Man bringt dann seine übertriebene Angabe der Fahrt eines Schiffs auf ihr bei den Alten gewöhnliches Maſs zurück. Er rechnet nämlich 700 Stadien auf eine Fahrt am Tage. Diese würden etwa 12 Schoinen, noch nicht ganz 10 geographische Meilen geben, und dies ist wirklich anderweitigen Angaben bei den Alten, ja bei ihm selbst, ganz angemessen. Man sehe, was Hr. Rennell hierüber S. 678 seines Werks gesammelt hat.

Arrian daraus mittheilt (1), sind zwischen den Mündungen des Indus und Pasitigris 22700 Stadien gerechnet (2), die, für olympische genommen, 567 geographische Meilen geben, da doch die Entfernung, längs der Küste gemessen, nur 330 soleher Meilen beträgt. Es ist aber zu erwägen, dafs Nearch die Distanzen in seinem Tagebuch wahrscheinlich nur in Tagfahrten angegeben hat, die späterhin nach einem zu grofsen Mafsstabe auf Stadien reducirt wurden. Eine Tagfahrt an einer unbekannten Küste, wo der Anlässe zum Aufenthalt so viele waren, kann, zumal bei der Unvollkommenheit der Schiffahrt der Alten, nicht hoch angeschlagen werden. Dasselbe gilt von Hanno's Tagfahrten an der Westküste Afrikas, die einige Neuere ungebührlich ausgedehnt haben. Man vergleiche die treffenden Bemerkungen, die Hr. Gossellin in seinen *Recherches sur la géographie des Anciens* hierüber anstellt (3), und die er nachmals selbst zu berücksichtigen vergafs, als er das kurze Stadium so zuversichtlich in Nearch's Periplus übertrug.

Dies sind die Hauptbeweise, die d'Anville und andere Vertheidiger des kurzen Stadiums für dasselbe beibringen. Aufserdem finden sie es noch in manchen zerstreuten Angaben der alten Geographen. Wenn z. B. Strabo (4) den Umfang von Susa auf zweierlei Art angibt, zu 120 und 200 Stadien, so glaubt d'Anville, dafs die 120 Stadien olympische, die 200 aber kürzere sein sollen, die in diesem Fall 57 Toisen gehalten haben müfsten. Ist irgend eine Zahl von Stadien zu grofs, als dafs sie sich bequem durch das olympische Mafs rechtfertigen liefse, so nimmt man ohne Umstände das kurze Stadium zu Hülfe. Nicht selten führt man es selbst ohne alle Noth ein. Wenn z. B. Herodot erzählt (5), dafs in der Schlacht bei Marathon ein Zwischenraum von acht Stadien das griechische Heer vom persischen trennte und die Athener beim ersten Zeichen zum Angriff laufend auf den Feind stürzten, so sagt Lareher, es sei hier höchst wahrscheinlich

(1) *In Indicis* S. 334 ff. ed. Gron. Auch *Geogr. Min.* Vol. I.

(2) Die einzelnen Angaben, deren Summe die 22700 Stadien sind, finden sich c. 25, 29, 38, 40, 41.

(3) Tom. I. p. 63 ff.

(4) l. XV, p. 728.

(5) l. VI, c. 112.

vom kleinsten Stadium die Rede, das ungefähr 50 Toisen halte. Aber acht olympische Stadien sind noch keine Viertelmeile, und daſs die Athener diese im Geschwindschritt zurücklegten, ist ja so unglaublich gar nicht.

Ich gestehe, daſs ich die Gründe, die man für die Existenz des kurzen Stadiums zu 1111 auf den Erdgrad beibringt, nicht für so triftig halten kann, um gegen alle Wahrscheinlichkeit annehmen zu müssen, daſs die Griechen ein solches Wegemaſs aus einem Kinderfuſse gebildet, oder, wenn sie es etwa aus dem Auslande entlehnt hätten, mit einem Namen belegt haben sollten, der ihnen so viel als 600 Fuſs galt. Aber eben so verwerflich scheint mir die Voraussetzung, daſs das vom Herodot bei der Beschreibung Ägyptens gebrauchte Stadium das gewöhnliche olympische gewesen sei, weil dann der Schoinos und alle von ihm angegebene Dimensionen des Landes viel zu groſs ausfallen würden. Daſs er sich hiebei in irgend einem Punkte geirrt haben müsse, ist klar; selbst wenn wir ihm d'Anville's kurzes Stadium beilegen wollten, hat er doch darin gefehlt, daſs er ein ägyptisches Wegemaſs ohne alle Erinnerung mit einem Worte stempelte, das seinen Landesleuten etwas ganz anderes bezeichnete. Ungemein natürlich erscheint mir daher Hrn. Rennell's Hypothese (1), daſs er die Dimensionen Ägyptens in Schoinen zu vier römischen Meilen zwar meistens richtig angegeben, aber sich in der Reduction der Schoinen auf Stadien versehen hat, indem er sie zu 60 Stadien rechnete, statt ihnen, wie Eratosthenes, nur 40 beizulegen. Wenn er demnach bei seiner Beschreibung Ägyptens irgend eine Distanz in bloſsen Stadien ausdrückt, so müssen wir dieselben entweder durch 60, oder nach Verkürzung um ein Drittel durch 40 dividiren, um sie auf sein Grundmaſs, den Schoinos, zu bringen, wo sich dann in der Regel richtige und mit anderweitigen Angaben übereinstimmige Resultate ergeben werden. So betragen die 1500 Stadien, die er von Heliopolis bis zum Meer rechnet, gerade die 25 Schoinen, um die Artemidor beim Strabo (2), übereinstimmig mit unsern Karten, Pelusium von der Spitze des Delta entfernt setzt. Die 1800 Stadien, die er zwischen Theben und Elephantine zählt (3), geben 30 Schoinen oder 24 geographische Meilen; nach

(1) S. *The geographical system of Herodotus.* Sect. II, p. 18.

(2) l. XVII, p. 804.

(3) II, 9.

d'Anville's Karte beträgt der Abstand beider Örter in gerader Richtung 25, längs dem Nil höchstens 28 Meilen. Die Breite der Landenge Suez, vom Berge Casium bis zum nächsten Punkt des rothen Meers, setzt er auf 1000 Stadien (1), und diese, auf gleiche Weise reducirt, geben $16\frac{2}{3}$ Schoinen oder 13 geographische Meilen. Hr. Rennell bestimmt sie zwischen Suez und Farama, in einer etwas kürzern Richtung, zu 12 Meilen (2).

Wir wollen nun zur Prüfung des zweiten von d'Anville aufgestellten Stadiums zu 50 auf die geographische Meile fortgehen. Man sieht, dafs dies eben das Stadium ist, dessen sich Eratosthenes bedient haben mufs, wenn er wirklich, wie Plinius versichert, den Schoinos zu 40 Stadien gerechnet hat. Die römische Meile hielte hiernach zehn solcher Stadien, die in dem Verhältnifs von 4 : 5 kürzer als die olympischen sein würden. Barbié du Boccage nennt dieses Stadium das pythische, weil es seiner Meinung nach von der Rennbahn zu Delphi entlehnt war. Wir wollen zuvörderst sehen, was sich zur Rechtfertigung dieser Ansicht sagen läfst.

Nach Gellius (3) hatte Plutarch in einer Schrift des Titels: *De Herculis quali inter homines fuit animi corporisque ingenio et virtutibus*, gezeigt, durch welche sinnreiche Combination Pythagoras die Statur des Hercules ermittelt habe. *Nam quum fere constaret, curriculum stadii, quod est Pisae ad Iovis Olympii, Herculem pedibus suis metatum, idque fecisse longum pedes sexcentos, cetera quoque stadia in terra Graecia, ab aliis postea instituta, pedum quidem esse numero sexcentum, sed tamen aliquantulum breviora, facile intellexit, modum spatiumque plantae Herculis ratione proportionis habita, tanto fuisse quam aliorum procerius, quanto Olympicum stadium longius esset quam cetera.* Aus diesen Worten erhellet, dafs die py-

(1) II, 158. IV, 41.

(2) S. 451. Wollten wir Hrn. Rennell's Hypothese auch auf die oft besprochenen 400000 Stadien des Erdumfangs anwenden, so erhielten wir für denselben 6666 Schoinen oder 26664 röm. Meilen, welche bis auf eine Kleinigkeit den Umfang der Erde so darstellen würden, wie er sich aus den Messungen der Neuern ergibt. Wir müfsten hierbei annehmen, dafs der aristotelischen Zahl eine ägyptische Bestimmung zum Grunde läge, und dafs bei der Reduction derselben auf das griechische Mafs derselbe Fehler begangen wäre, den Herodot bei der Reduction der Schoinen gemacht hat. Aber ich wiederhohle es, dafs die Angabe des Aristoteles sehr vag ist, und wenig Berücksichtigung zu verdienen scheint.

(3) N. A. I, 1.

thische Rennbahn zwar eben so, wie alle übrigen, 600 Fuſs hielt, daſs aber der ihr zum Grunde liegende Fuſs etwas kürzer als der olympische war.

In welchem Verhältniſs beide Rennbahnen zu einander standen, lehrt uns keine unmittelbare Messung. Von der olympischen, welche fast gänzlich zerstört ist, können wir die Länge nur aus dem uns anderweitig bekannten griechischen Fuſs berechnen. Sie muſs 569 französische Fuſs gehalten haben. Auch das Stadium zu Delphi ist sehr im Verfall; doch konnte Hr. Gell noch die eine Seite desselben messen, die nach seiner Versicherung (1) 615 englische oder 577 französische Fuſs hält. Hiernach schiene es länger als das olympische gewesen zu sein. Es ist aber gewiſs ein Bedeutendes von dieser Länge abzuziehen, weil bei den Rennbahnen das Ziel um mehrere Fuſs von dem durch einen Halbzirkel geschlossenen Fond entfernt, und die Schranken nicht unmittelbar am Eingange befindlich zu sein pflegten. Dies gilt bestimmt von dem zu Athen durch Herodes Atticus erbauten Stadium, das nach Le Roy (2) und Chandler (3) vom Eingange bis zur untersten Stufe im Fond 591 französische oder 630 englische Fuſs hält (4). Genug Gellius oder vielmehr Plutarch versichert, daſs das olympische Stadium von allen griechischen das längste war. Wenn man übrigens das pythische, dessen Länge vermuthlich durch die Lokalität auf der Höhe des Parnassus, wo es wenig ebenes Terrain gab, bedingt war (5), auch deſshalb für kürzer als das olympische ansehen will, weil bloſs Unerwachsene — παῖδες — den Wettlauf auf demselben angestellt hätten (6), so ist das ein Irrthum, der auf einer misverstandenen Stelle des Pausanias beruht (7).

---

(1) *Itinerary of Greece* p. 188.

(2) *Ruines des plus beaux monumens de la Grèce* p. 37.

(3) *Travels in Greece* ch. 16, p. 81.

(4) Spon (*Voyage* Tom. II, p. 66 ed. Lyon 1678) und Wheler (*Voyage* S. 315 ed. London 1682), die noch bedeutende Ueberreste des Stadiums zu Delphi sahen, versichern, daſs es kleiner als das zu Athen gewesen. Herodes Atticus, der es mit pentelischem Marmor zierte (Pausanias X, 32), änderte vermuthlich an den Dimensionen nichts.

(5) Pausanias bezeichnet seine Lage also: Στάδιον δὲ σφισιν ἀνωτάτω τῆς πόλεως τοῦτό ἐστιν. X, 32.

(6) S. Hrn. Ukert's Versuch über das Stadium S. 40.

(7) X, 7. Ueber diese Stelle verdanke ich Hrn. Böckh folgende Erläuterung. Bei der Erneuerung der pythischen Spiele, Olymp. 48, 3, Pythias 1, bestimmten die Amphiktyonen, daſs folgende Kämpfe Statt finden sollten:

Bei den Alten findet sich über das Verhältnifs beider Rennbahnen nichts weiter, als folgende etwas problematische Stelle des Censorinus(1): *Stadium in hac mundi mensura id potissimum intelligendum est, quod Italicum vocant, pedum DCXXV: nam sunt praeterea et alia longitudine discrepantia, ut Olympicum, quod est pedum DC, item Pythicum, pedum CIↃ.* Von den drei Stadien, die hier unter den Benennungen des italischen, olympischen und pythischen unterschieden werden, sind die beiden ersten offenbar identisch; es ist das olympische gemeint, das 600 der ihm eigenthümlichen griechischen Fufs, und, wie wir auch anderweitig wissen, 625 der etwas kürzern römischen hielt, und wegen seines Ursprungs olympicum, wegen seines Gebrauchs in Italien italicum genannt wird. Die Römer bedienten sich nämlich als gewöhnlichen Wegemafses ihres mille passus, jedoch nur zu Lande; Entfernungen zur See pflegten sie nach Stadien zu bestimmen, weil es ihnen in diesem Falle unschicklich scheinen mochte, von Passus zu reden. Was das pythische Stadium in der angezogenen Stelle betrifft, so ist klar, dafs die tausend Fufs nicht die ihm eigenthümlichen waren, weil, wie obige Worte des Gellius und der Gebrauch des Stadiums als Längenmafs lehren, keine Rennbahn mehr als ihre 600 Fufs hielt. Die tausend Fufs können aber eben so wenig olympische oder römische sein, weil die pythische Rennbahn sonst länger als die olympische gewesen wäre. Es bleibt also nichts weiter übrig, als, entweder dafs Censorinus den pythischen Diaulos für die einfache Rennbahn, oder IↃ für CIↃ geschrie-

---

1) die dort genannten musischen;

2) von gymnischen erstlich die, welche man damals in Olympia feierte, mit Ausschlufs des τεθρίππου. Hierunter sind begriffen (Pausan. V, 8): *a)* στάδιον ἀνδράσι, von Anfang an zu Olympia gebräuchlich; *b)* δίαυλος ἀνδράσι, seit Ol. 14; *c)* πένταθλον und πάλη ἀνδράσι, seit Ol. 18; *d)* πυγμὴ ἀνδράσι, seit Ol. 23; *e)* ἵππων τελείων δρόμος, seit Ol. 25. Dies ist das obgedachte τέθριππον, das bei der Institution der Pythiaden ausgeschlossen, aber in der zweiten Pythiade, Ol. 49, zugesetzt wurde, wie Pausan. X, 7 gleich hernach sagt. *f)* παγκράτιον ἀνδράσι und ἵππῳ κέλητι, seit Ol. 28; *g)* στάδιον und πάλη παισί, seit Ol. 37; *h)* πυγμὴ παισί, seit Ol. 41. Dies sind alle Spiele, welche unter No. 2. enthalten sind und welche mit Ausschlufs des τεθρίππου die Amphiktyonen Pyth. 1 von Olympia entlehnten.

3) setzten sie Pyth. 1 noch aus eignem Einfall δίαυλον und δόλιχον παισὶν hinzu, welche zu Olympia nie gebräuchlich waren. — Man sieht hieraus, dafs στάδιον und δίαυλος so gut für Männer als Knaben gleich vom Anfange an bei den pythischen Spielen vorkamen.

(1) c. 13.

ben hat (1). In beiden Fällen erhält man für das pythische Stadium fünfhundert Fuſs, und da dies nicht die ihm eigenthümlichen sein können, so sind es entweder olympische oder römische. Im ersten Fall verhält sich das pythische Stadium zum olympischen wie 5 : 6, im letztern wie 4 : 5, so daſs entweder $9\frac{3}{5}$ oder 10 pythische Stadien auf die römische Meile gegangen sein müſsten. In Censorin's Worten liegt nichts, was zwischen beiden Verhältnissen den Ausschlag gäbe. Um nun doch ein Moment zu haben, das die Wahl bestimmen möge, so unbedeutend es auch an sich ist, bemerke ich, daſs in dem *Iter Hierosolymitanum*, der Reiseroute eines gallischen Pilgers des vierten Jahrhunderts, ein Intervall auf folgende Weise angegeben wird: *trans mare stadia mille, quod facit millia centum* (2), und hiermit haben wir zugleich die einzige Stelle, die ausdrücklich eines Stadiums zu einem Zehntel der römischen Meile gedenkt.

Die Möglichkeit, daſs die Griechen ein solches Wegemaſs als eine Länge von 600 Fuſs wirklich gebraucht haben, liegt zu Tage, und es verhält sich damit ganz anders, wie mit d'Anville's kurzem Stadium. Der olympische Fuſs hält 11 Zoll 9 Linien preuſsisch. Ein Fünftel davon abgezogen gibt für den Fuſs des pythischen Stadiums 9 Zoll 5 Linien. D'Anville behauptet in seinem *Traité des mesures itinéraires* (3), daſs bei einem völlig proportionirt gewachsenen Körper die Länge des Fuſses nicht über $\frac{1}{7}$ der Statur betrage, und daſs dies das Verhältniſs sei, nach welchem die griechischen Künstler gearbeitet haben (4). Nehmen wir demnach obige Länge des pythischen Fuſses 7mahl, so erhalten wir 5 Fuſs 6 Zoll, und wir dürfen eben nicht glauben, daſs derselbe von einem Knaben entlehnt war.

Auch ist es sehr wohl denkbar, daſs man selbst an Orten, wo das olympische Stadium die architektonischen und geodätischen Maſse vom

---

(1) Noch eine Voraussetzung wäre die, daſs er den pythischen Hippodromos, der nach Pausanias X, 37 unten am Parnaſs in der Ebene lag, mit dem auf dem Berge befindlichen Stadium verwechselt hätte. Allein seine Zusammenstellung des pythischen Stadiums mit dem olympischen scheint diese Hypothese zu beseitigen, es sei denn, daſs er etwa die Länge des Hippodromos, die wir übrigens nicht kennen, irrigerweise auf das Stadium übergetragen hätte.

(2) *Itineraria* ed. Wess. p. 609.

(3) S. 5.

(4) Vitruvius stimmt hiermit nicht überein, indem er die Länge des Fuſses zum sechsten Theil der Höhe des menschlichen Körpers macht. Archit. IV, 1.

δάκτυλος bis zum πλέθρον regulirte (meiner bereits oben ausgesprochenen Überzeugung nach war dies in ganz Griechenland der Fall), ein etwas kürzeres Wegemafs gebrauchte, und zwar als ein Ganzes, das man nicht durch eine genaue Messung mit Stab oder Schnur, sondern durch Ausschreiten bestimmte. Nun rechneten die Römer auf den Passus, d. i. auf den doppelten Schritt (eigentlich die Weite, die man mit den gespreitzten Füfsen — *pedibus passis* — abreichen kann), fünf ihrer Pedes, und dieser Passus hundert oder der einfache Schritt zweihundertmahl genommen gibt genau das Stadium zu 10 auf die römische Meile. Nichts ist natürlicher, als dafs ein Wegemafs von einer solchen runden Anzahl Schritt im Gebrauch war. Dafs aber die Griechen Ortsentfernungen durch Ausschreiten — βηματίζειν — bestimmt haben, ist gewifs. Ich beziehe mich defsfalls auf den ersten Abschnitt dieser Vorlesung.

Die Benennung pythisches Stadium scheint demnach nicht unschicklich gewählt. Es entsteht nun die Frage, ob sich sichere Beweise für den Gebrauch dieses Stadiums beibringen lassen. Dafs die deutschen Geographen die Existenz desselben läugnen, ist schon bemerkt worden. Die französischen dagegen, namentlich d'Anville, dem hiebei vorzüglich eine Stimme gebührt, nehmen es überall, besonders im nördlichen Griechenland, in Kleinasien und andern von Griechen bewohnten Ländern wahr (1). Auch Hr. Rennell behauptet, dafs man unter Voraussetzung des olympischen Stadiums in allen asiatischen Ländern, die Alexander durchzogen, bei den alten Geographen in Vergleichung mit den neuern Messungen zu grofse Zahlen finde. Er spricht zwar von keinem pythischen Stadium; aber das Wegemafs, welches er im zweiten Abschnitt seines geographischen Systems des Herodot aus einer grofsen Anzahl von ihm verglichener Ortsentfernungen bei den Alten und Neuern abstrahirt, kommt demselben sehr nahe. Es gehen nämlich 600 olympische und 750 pythische Stadien auf den Erdgrad. Nun berechnet er das mittlere Stadium des Herodot zu 732, das des Xenophon zu 750, das des Eratosthenes zu 700, das des Nearch zu 729 u. s. w., und bleibt zuletzt bei einem Durchschnitt von 718 stehen. Er will damit nicht behaupten, dafs dies wirklich das von den griechischen

(1) Er hat es zuerst 1741 in einem *Traité sur quelques mesures itinéraires* aufgestellt, welche Schrift seiner spätern über die geographischen Mafse der Alten zum Grunde liegt.

Geographen gebrauchte Wegemaſs sei, weiset auch die Entstehung desselben aus einer Rennbahn oder einem Fuſsmaſse nicht weiter nach, sondern legt es bei seinen geographischen Untersuchungen nur deſshalb zum Grunde, weil es ihm die alte und neuere Erdkunde am sichersten zu vermitteln scheint.

Meiner Überzeugung nach haben d'Anville und Rennell im Ganzen genommen Recht; nur glaube ich ihre Ansicht folgendermaſsen modificiren zu müssen: die ältern Griechen, namentlich Herodot, Xenophon und Eratosthenes, haben sich eines Stadiums bedient, das zum olympischen nahe in dem Verhältniſs von 4 : 5 stand und das wir nicht ohne Grund das pythische nennen. Erst gegen die Zeit des August hin, als sich im römischen Reiche die Meilensteine vermehrten, die bekanntlich in Intervallen von 1000 Passus errichtet wurden, und sich nun durch Vergleichung des griechischen Fuſses mit dem römischen der Satz feststellte, daſs die römische Meile nahe acht olympische Stadien halte, verdrängte letzteres das schwankende, durch bloſses Ausschreiten bestimmte, ältere völlig, und es kann daher beim Strabo, Diodor, Plinius, Pausanias und Ptolemäus von keinem Stadium weiter die Rede sein, als von dem olympischen, den Fall ausgenommen, wo sie Ortsentfernungen, die nicht neuerdings gemessen waren, auf die Autorität älterer Schriftsteller in Stadien angeben. Daſs ein Theil der Widersprüche, die sich in den Stadienzahlen der Alten finden, allein hierin ihren Grund habe, und daſs diese Widersprüche sich nicht durchgängig aus unsichern Messungen oder aus einer Corruption der Zahlen erklären lassen, wie die Herren Mannert, Bredow, Ukert und andere anzunehmen geneigt sind, halte ich für entschieden.

Es ist jedoch hiebei nur von Weiten die Rede, von denen sich voraussetzen läſst, daſs sie durch bloſses Ausschreiten bestimmt waren. Ist dagegen an eine wirkliche Messung mit Stab oder Schnur zu denken, so gestaltet sich die Sache anders. So ist wol nicht zu zweifeln, daſs Thucydides olympische Stadien meint, wenn er von den langen Mauern, die einst Athen mit seinen Häfen verbanden, der zum Phaleron führenden 35, und der zum Piräeus gehenden 40 Stadien gibt (1). Sie hatten am Meer den Δῆμος Piraeeus zwischen sich, und convergirten ein wenig gegen die Stadt

(1) l. II, c. 13.

hin, am piräischen Thor sich mit der Ringmauer vereinigend. Die Ruinen eines in gerader Linie zwischen der Akropolis und dem Piräeus befindlichen Thors hält Stuart für die *πύλαι πειραϊκαί* (1). Der Abstand desselben von der Akropolis beträgt nach seinem Plan der Alterthümer Athens drei Stadien, und zwar olympische, wie die auf seiner Karte von Attika beigesetzte Scala in englischen Meilen zeigt. Nach dieser Karte ist das Innere des Hafens Piräeus 47, und der Hafen Phaleron 42 Stadien von der Akropolis entfernt. Rechnen wir von diesen 47 und 42 Stadien jene drei ab, und nehmen an, dafs die Mauern vom piräischen Thor in gerader Richtung zu den beiden Häfen fortliefen, so haben wir für ihre Längen 44 und 39 Stadien. Die Übereinstimmung mit der Angabe des Thucydides kann bei einiger Unsicherheit des Terminus a quo und ad quem nicht füglich gröfser sein. Strabo, zu dessen Zeit die Mauern schon lange nicht mehr existirten, legt beiden 40 Stadien bei (2), und Plinius 5000 passus (3), was dasselbe ist.

---

(1) *Antiquities of Athens* Vol. III, p. IV.

(2) l. IX, p. 395.

(3) H. N. l. IV, 11. Man vergleiche über diesen Gegenstand Hrn. Böckh's *Corpus Inscriptionum* Vol. I. No. 525.

Über

die Entstehung der Sternbilder auf der griechischen Sfäre.

Von

H^rn. BUTTMANN.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 8. Junius 1826.]

Über die Art wie die Sternbilder und Namen entstanden sind ist noch keinesweges eine so entschiedene oder doch vorherrschende Ansicht vorhanden, dafs durch historische Untersuchung in einem gewissen Umfang sie festzusetzen, ein überflüssiges Unternehmen wäre: was es auch von Seiten der Frage, wichtig oder unwichtig, nicht ist. Denn da diese Benennungen allerlei Beziehungen in die Mythologie, Ethnologie und Chronologie haben, so möchte man gern, eben wegen der geringeren Wichtigkeit des Gegenstands an sich, hier wo möglich aufgeräumt sehn: wäre es auch nur um zu verhindern, dafs nicht falsche Wichtigkeiten hineingelegt werden. Neue Arten der Entstehung aufzustellen kann mir nicht beifallen. Meine Absicht ist nur die angenommenen Wege wenigstens für den gröfsern Theil der hervorstechenden einzelen Fälle zu befestigen, und dabei besonders dem zu wehren, dafs nicht, mit einer sehr gewöhnlichen Seichtigkeit, Ein Grundsatz durchgeführt werde: indem manche hier lauter Willkür blofs zum Vortheile des Gedächtnisses erblicken; andere lauter religiose Verehrung irdischer Gegenstände, oder Versetzungen unter die Gestirne annehmen möchten; andere durch ursprünglichen Aberglauben die Sterne beleben und aus deren Symbolen die ganze Mythologie und älteste Sagengeschichte entstehn lassen; wieder andere, die von Seiten der Poesie am meisten verwahrlost sind, den Himmel in einen blofsen Kalender umschaffen, indem sie jeden Sternhaufen vom Land- oder Seemann absichtlich zu einem sinnlichen Symbol dessen gemodelt glauben, was die Jahreszeiten auf Erden mit sich bringen; solche endlich, die, da eine wirkliche Analogie mancher Gestaltungen am Himmel

mit dem wonach sie benamt sind, in die Augen fällt, mit angestrengter Fantasie nun auch jede Sterngruppe in ein Bild ihres Namens zwingen möchten. Einleuchtend ist indessen dafs das Verfahren dieser letzten dem des besonnenen und unbefangenen Forschers am nächsten kommt; ich werde daher von der Ansicht dieser sogleich ausgehn und, wie gesagt, nur durch Abwehr der Einseitigkeit und des Zwanges, das hinzustellen suchen, was dem Verständigen genügen und den Denkenden zu weiterer Verfolgung, wo uns noch Lücken bleiben werden, auffodern kann.

Ein *a priori* bietet sich hier dar, das gewifs nicht zurückzuweisen ist; dies nehmlich, dafs der beobachtende einfache Mensch bei der Unendlichkeit von Sterngruppen, die sich seinen Augen darboten, und bei dem Bemühen die daraus entstehende Verwirrung zu mindern, nothwendig gleich aufmerksam ward auf gewisse darunter, die sich durch besondere, wenn auch nicht gerade ein bestimmtes Bild darbietende, Gestaltung mehrer an Gröfse wenig verschiedner Sterne dem sinnlichen Gedächtnifs von selbst einprägten; wie die Septentrionen, die Kassiepea, die Leier, die Hyaden. Dies zeigen denn auch solche Namen welche blofs die Gestaltung einer durch solche Sterne gelegten Linie andeuten, wie ich dies gezeigt zu haben glaube (1) von dem Namen Ἑλίκη für die Septentrionen, der nichts besagt als die Windung, und auf die Form 2 geht, welche durch diese sieben Sterne gelegt werden kann. So wie wir ferner jetzt die Kassiepea der Gestalt eines W vergleichen, und gewifs auch, wenn jener altüberlieferte Name nicht wäre, das Sternbild danach benennen würden; so zweifle ich jetzt nicht mehr dafs die Grammatiker (2), welche den Namen der Hyaden, Ὑάδες, von der vollständigen Gestalt eines alten Y, die mit dem lateinischen V ganz übereinkam, ableiteten, allein Recht hatten, und dafs die beiden anderen Ableitungen nur aus dem schon vorhandnen Namen gedeutet sind; so schwer es auch halten wird einer so alten und so sprechenden Deutung, wie die vom Regen, ihre Autorität zu nehmen. Aber die von ὗς ist, wie das lateinische *Suculae* bezeugt, auch alt, und doch gewifs ein alter Misverstand. Dafs aber dies Gestirn wirklich Regen bringe, das lasse man sich nicht irren; denn welches Gestirn wird nicht in einer seiner vier Erschei-

(1) Ideler Astronom. Beob. der Alten S. 376.

(2) *Schol. Arat.* 173.

nungen dazu brauchbar sein? Aber gerade der wichtigste Aufgang, der in der Frühe, fällt in die schönste Sommerzeit, Ende Mai und Anfang Junius. Um also zur Rechtfertigung des so verstandenen Namens doch etwas zu sagen, mufs man etwas zurück zu seinem Spät-Untergang gehn, da man denn nur eben die Mitte Aprils erreicht (1), wo es freilich auch in jenen südlichen Gegenden oft regnen wird; aber noch früher ebenfalls; so dafs man nicht sieht was das Zeichen nützen soll. Doch man müfste die Wetterprophezeiungen wenig kennen um hierbei sich aufzuhalten. Es wäre ein Wunder, wenn eine Erscheinung den Regen zufällig im Namen hätte und ihn nicht sofort auch verkündete.

In den allermeisten Fällen erinnert nun aber eine solche Gestaltung von Linien und Punkten den lebendigen Sinn des Beobachters sogleich an etwas wirkliches in der Natur oder dem Alltagsleben. So hat Ideler (Sternnamen S. 8.) deutlich dargelegt, dafs unser Polarstern den Namen Kynosura d.i. Hundeschwanz nicht führt weil er der Schwanz — eines Bären ist; sondern dafs das ganze Sternbild so hiefs, weil dessen Hauptlinie an jenen trivialen Gegenstand recht sprechend erinnert. Man mufs sich nehmlich unsern Polarstern als die Spitze solches Schwanzes denken, und die zwei hellen im Viereck als den Anfang des fehlenden Körpers, den kleinsten im Viereck aber, η, übersehn, so ist die Vergleichung einleuchtend.

(1) S. Ideler über Ovids Fasti. Abhandl. d. Akad. 1822. S. 153.

Der Weltpol lag in jener Zeit gerade in der Mitte der Chorde dieses Bogens; so dafs also das ganze Sternbild Kynosura damals so genau als möglich den Nordpunkt bezeichnete; und daher kam derselbe Name jetzt auch auf den einzeln Stern, der den Pol für unsere Zeit noch genauer bezeichnet. Ganz artig stimmt auch mit dieser Benennung, in Absicht der Kurve, eine andere Trivialbenennung überein, die aus dem Donquixote bekannte spanische *la Bocina*. Dies ist nehmlich das Hifthorn (genauer Hiefhorn) der Jäger, in seiner eigentlichen, nicht gewundnen, sondern mäfsig gekrümmten Form, wovon denn der Polarstern das Mundstück, die vier im Viereck das Ende, und die zwei äufsersten das Schalloch bilden.

Zu eben dieser Klasse gehört die jedem in die Augen fallende Krone: ein fast vollständiger Zirkel dessen hellester Stern also ein ganz natürlicher Edelstein ist; ferner der Krater oder Becher, ein Halbkreis von sechs nicht sehr hellen Sternen, auf zwei anderen gleich als auf einem Fufse ruhend; dann der Delfin, ein ziemlich regelmäfsiger kleiner Rhombus, der zu ein paar nah dabei stehenden gedacht recht füglich als ein zusammengekrümmter Delfin erscheint, dessen Kopf, eben jener Rhombus, fast die Hälfte des Körpers ist; und eben so verhält es sich unfehlbar mit der Leier, die eine nicht blofs durch ihren hellsten Stern, sondern durch eine charakteristische Gestaltung ausgezeichnete kleine Gruppe ist, woran aber die bestimmte Gestalt einer antiken Leier zu demonstriren unsern Archäologen obliegt.

Eine andre Sterngruppe aus dieser Klasse, die Schlange, wird uns das erste einleuchtende Beispiel geben, wie man bei Beurtheilung der Stern-

bilder sich durch die methodische Verzeichnung auf der Sfäre nicht mufs irre machen lassen. Beim Äquator drängt sich jedem Beschauer eine glänzende Sterngruppe von hieneben stehender Gestalt auf. Wer zuerst hört, dafs die alte Welt hier eine Schlange sah, erhält zugleich durch seine Sinne die gewisse Überzeugung, dafs diese ganze hier von mir verzeichnete Figur zu solcher Schlange gehörte: und obgleich eine so geringe Windung das vollständige Bild einer Schlange noch nicht nothwendig hervorbringt; so waren doch zwei so ausgezeichnete Reihen in so nahem Zusammenhang hinreichend um den Anfang einer Schlange der Fantasie darzubieten, und so die sich weiter ausbildende, schon absichtliche, Astrothesie ohne Zwang zu veranlassen, dafs sie diese Schlange nach unten fortsetzte, und einen Mann beifügte, der sie um den eignen Leib geschlungen trägt. Alles dies fand schon im Alterthum statt; und ganz passend ward nun jene Sterngruppe das Kopf-Ende der nach ihrem Träger zurück sich schwingenden Schlange. Mit Verwunderung aber lernen wir, dafs die Schlange erst mit dem vierten Stern von oben beginne, indem die drei ersten zum benachbarten Herkules gehören. Nehmlich dafs diese zwei Sternreihen zusammen betrachtet als eine Schlange sich darstellen, konnte nicht verhindern, dafs wenn der Beschauer anders stand, und den benachbarten Herkules vor Augen hatte die in denselben hinein ragende Reihe auch mit den dortigen Sternen in einem Verhältnifs stand, das die dortige Figur bilden half. Natürlich waren also diese Sterne hier ein Theil der Schlange, dort ein Theil eines Mannes: was auch für die einfachen Zwecke der ältesten Himmelsbeschauung ohne Störung war; und mit einigen einzelen Sternen anderer Bilder noch jetzt der Fall auf unserer Sfäre ist, namentlich mit α der Andromeda, der zugleich δ im Pegasos ist, und mit β im Stierhorn, zugleich γ im Fufs des Fuhrmanns. Eine ganze Reihe aber solcher Zwittersterne würden in der wissenschaftlichen Astrognosie Verwirrung hervorgebracht haben: und so fand in der methodischen Astrothesie eine Theilung statt, wonach die drei ersten Sterne jener Schlange jetzt als β γ $\varkappa$ zum Herkules gehören; was uns aber, denen die mathematische Arbeit am Himmel fremd ist, nie hindern darf sie hier als Schlange zu demonstriren.

Wie wenig aber der ursprünglichen Fantasie zu Schaffung eines Sternbildes genügt, zeigt besonders die aus dem Orient vollständiger als auf der griechischen Sfäre zu uns gekommene Vorstellung der beiden Adler, wie

sie Ideler ebenfalls erklärt hat. In geringer Entfernung von einander sieht man zwei der gröfsten Sterne am Himmel, Altair im Adler und Wega in der Leier: jeden begleitet von zwei kleineren. Die beiden beim Altair bilden mit diesem, der in der Mitte schwebt, eine gerade Linie, die beiden beim Wega mit diesem ein Dreieck. Diese Vergleichung zweier benachbarten Gruppen reichte hin um in jeder etwas erkennen zu lassen, was man an jeder allein gewifs nicht würde gesehen haben.

Der Hauptstern von jeder erschien als der Körper und die zwei kleineren als die Flügel eines Raubvogels; des einen im schwebenden Fluge, des andern im Herabsinken mit eingezognen Flügeln. Ich mufs mich aber rechtfertigen, dafs ich dies hieherziehe, wo wir zunächst nur von der griechischen Sfäre handeln. Kazwini führt die Vergleichung des Sterns in der Leier mit einem sinkenden Adler oder Geier, *Nesr*, als den Arabern gehörig an S. 67. Diese Benennung sieht auch den vielen übrigen Sternbezeichnungen, welche dieser Schriftsteller aus der Sternkunde der nomadischen Araber beibringt, sehr ähnlich, die fast durchgängig nur aus Vergleichungen einzeler kleiner Sterngruppen mitten in unseren grofsen, jenen Nomaden, wie es scheint, unbekannten Bildern bestehen. Hier fällt es nun sogleich auf, dafs die eine dieser kleinen Gruppen, der fliegende Adler genannt, den Hauptpunkt des Sternbilds ausmacht, das auch auf der griechischen Sfäre der Adler heifst. Aber auch der fallende Adler oder Geier, *Nesr el waki*, ist nicht etwa blofs unter den eben genannten kleinen arabischen Bildern begriffen, die mit unserer Sfäre in gar keinem Zusammenhange stehen; sondern ist schon in den ältesten wissenschaftlich-astro-

nomischen Werken arabischer Schriftsteller, die sich im wesentlichen unserer Sfäre bedienen, gangbarer Name des hellen in der Leier, der den aus diesem *Waki* verdorbnen Trivialnamen Wega auch bei uns führt, so wie der entsprechende im Adler den Namen Altair, aus *Nesr al-tair*. Nun bietet aber das gröfsere, in einen ordentlichen Adler ausgemalte Sternbild unserer und der griechischen Sfäre in seinen Sternen durchaus nichts, was an einen Adler oder sonstigen Vogel mahnte: und es ist also kein Zweifel dafs die Vorstellung welche jene drei Sterne allein einem fliegenden Adler verglich, eine uralte ist, die man aber zur Zeit der mehr systematischen Astrothesie aus den Augen verlor, und einen den übrigen Gestirnen ungefähr gleichmäfsigen Adler an diese Stelle malte, dessen Vordertheil diese drei Sterne nunmehr ganz bedeutungslos auszeichnen. Aber wie schon bemerkt, auch durch ihren einfachen Anblick würden diese drei Sterne die ursprüngliche Idee eines fliegenden Adlers für sich allein nicht erweckt haben; sondern nur die Parallele mit dem benachbarten Wega konnte sie hervorbringen. Da wir nun diese Vorstellung bei den alten arabischen Astronomen vollständig finden, bei den Griechen aber nur zur Hälfte; so haben wir hier eine deutliche Spur dessen, was *a priori* schon so gut als gewifs ist, einer alten orientalischen Astrothesie, die wir schon bei jenen alten Chaldäern und von ihnen sei es bei Indiern oder Ägyptern vorauszusetzen haben, und wovon die griechische ausgegangen und ausgebildet ist. Das Bild des sinkenden Adlers ward bei den Griechen durch das Sternbild der Leier verdrängt; worauf es um so natürlicher war, dafs das Bild des fliegenden Adlers in seiner ursprünglichen Einfachheit verschwand und der angebliche vollkommene Adler an dessen Stelle trat. Die späteren orientalischen Astronomen, die beides vorfanden, vereinigten nun alles wie wir es noch bei ihnen finden; und auf unserer Sfäre ist es seit jener Zeit üblich die Leier und den fallenden Geier als zwei sich einander durchdringende Körper aufzustellen.

Noch ein auffallendes Beispiel von jener naïven Astrothesie gibt uns ein unbekannter griechischer Erklärer des Aratus (1). Dieser nennt uns einen sonst unbekannten Namen des Sternbildes Orion, Ἀλεκτροπόδιον, Hahnenfufs. Also selbst der Glanz und die Gröfse dieses ersten aller Stern-

(1) S. Schneider's Wörterbuch *in voce* und Ideler's Sternnamen S. 220.

bilder, das bei allen Nationen nur gigantische und kriegerische Vorstellungen erweckt, schreckte irgendwo den gemeinen Mann nicht ab von der kleinlichsten aller, dem Fuſs oder Fuſsstapfen eines Hahns (1): ziemlich analog jener arabischen von der Kassiepea, deren fünf Sterne den fünf Fingerspitzen einer Hand verglichen wurden, die nach einer morgenländischen Sitte durch gefärbte Nägel sich auszeichneten (s. Ideler S. 84.).

Wir muſsten durch diese Kleinlichkeiten durchgehn, damit uns anschaulich werde, wie wenig dazu gehört um einer einfachen Einbildungskraft Bilder darzubieten. Obwohl nun also dieselbe Gruppe, wie wir so eben ein Beispiel gesehn haben, von verschiednen Voraussetzungen ausgehend, auch die verschiedensten Vergleichungen und Bilder herbeiführen konnte, so wäre es doch eine ganz irrige Vorstellung, wenn man annehmen wollte, die Ideen zu den Sternbildern wären von andern Ursachen aus an den Himmel getragen worden, und nun erst hätte die hinzutretende Einbildungskraft die Sterne und deren Lage solchen Gegenständen anzupassen gewuſst. Meine Absicht ist zu zeigen, daſs obwohl auch dieser Gang bei einzelen Fällen, wo sich die Sterne nicht recht von selbst gruppirten, eingetreten ist, doch die bekanntesten und ältesten zuverlässig von der Gestalt der Gruppen ausgegangen sind.

Von der gangbarsten Vorstellung des Orion wird dies zu bezweifeln niemanden einfallen. Die groſse durch alle Nationen durchgehende Darstellung ist die eines Riesen in seinem gegürteten Panzer, obgleich die Kopfstelle nur schwach ist, und die menschliche Gestalt nur bis auf die Kniee sich präsentirt, so daſs die Beine selbst hinzugedacht werden müssen. Wie der Name Orion entstanden ist, darüber werde ich meine Vermuthungen unten vortragen. Daſs der griechische Mythos von dem Manne dieses Namens erst aus der Vorstellung eines Riesen sich herausgebildet hat, wird man hier schon nicht unwahrscheinlich finden. Aber gleich beim Orion zeigt sich nun auch abermals, wie die Ausmalung der Bilder auf der Sfäre, und die Vertheilung der einzelen Theile auf die einzelen Sterne, die erste einfache Darstellung oft verunstaltet hat. Der wirkliche Orion ist deutlich die

(1) Nicht einem schreitenden Hahn, wie Ideler es, erträglicher freilich, fassen möchte: aber der Ausdruck *πούς, πέδιον* gestattet es nicht.

Gestalt eines Mannes von vorn. Die Ausmaler, um alle Sterne hineinzubringen, und aus fast allen etwas zu machen, stellen ihn mit halb gewandtem Körper fast ins Profil, und lassen ihn, zum Angriff nach Westen gekehrt, seinen Schild, wozu man eine schwache Andeutung von Sternen braucht, dorthin vorhalten; wodurch nun die erste kindlich hingestellte Vorstellung ganz verdreht ist, und aufser der Zeichnung auf der Sternkarte von keiner Einbildungskraft in die Sterne so gelegt werden kann.

Da die kindliche Fantasie immer zunächst bereit ist menschliche Gestalten zu erblicken, so mufste der Bootes sich nothwendig von selbst eben dazu bieten; ja leichter noch als der Orion, obgleich an Glanz der Gesamtgruppe jenem weit naehstehend. Denn den Kopf stellt hier ein den fünf übrigen Sternen, welche die Hauptfigur in Schultern, Gürtel und Füfsen begrenzen, in ihrem mittelmäfsigen Glanze gleicher Stern eben durch diese Gleichheit deutlicher dar, als im Orion, wo das Licht des Kopfs von den Gliedern weit übertroffen wird. Und der sehr vorstralende Stern Arkturus, stört doeh eben so wenig diese Figur; eben weil er keine wesentliche Stelle

im Körperbau einnimt, und er also für sich, etwa als ein zierender Edelstein im Sehwert, gedacht werden kann. So sah man also hier einen Mann; und seine Bestimmung als Ochsentreiber oder Bärenhüter bekam dieser durch die zufällige Nachbarschaft der beiden Gestirne, die man bald als zwei Wagen, bald als zwei Bären ansah. Der Begriff eines Bärenhüters ist freilich kein so natürlicher aus dem wirklichen Leben genommener wie der des Oehsentreibers: aber Arktophylax ist auch nur die weit neuere Benennung. Der Name Arkturus aber, ein wirklich alter Name, der, freilich ungefähr dasselbe sagt, gehört, wie ich mich jetzt überzeugt habe, schon vom Ursprung an dem Stern allein, nicht dem Bilde. Schon bei Hesiodus (Ἔργ. 564.) kommt ἀρκτοῦρος mit dem Beisatz ἀστήρ vor, das nur ein Stern heifst, und auf ein so grofses Sternbild auch poetisch nicht ausgedehnt werden kann. Den Bärenwächter aber nannte man diesen Stern ohne Zweifel nur aus einer praktischen Ursach, nehmlich weil er dem Ungeübten diente, die dem Schiffer so wichtigen Bären schnell aufzufinden.

Unter den Zodiakalbildern ist man besonders geneigt viel kalenderartiges zu erkennen; ich meine Bilder welche ihr Dasein nicht der wahren

Gestalt ihrer Gruppen, sondern dem Symbol der Jahreszeit, da die Sonne ein jedes erreicht, verdanken sollen. Wäre etwas durchgehendes der Art auch nur in der Mehrheit der Zeichen zu erkennen, so würde man sich einem so praktischen Gedanken wol nicht versagen. Möglich auch, dafs die Wage, da sie in dieser Benennung nicht in das den Griechen geläufige Zodiakal-System gehört (1), ursprünglich schon, d. h. im Orient vor den Griechen, das ganz willkürlich gebildete Symbol der Nachtgleiche war: wenigstens ist in dem Dreieck das ihre Hauptsterne bilden nichts die Gestalt einer Wage vorzugsweise darstellendes: aber im Krebs ein Zeichen der nun wieder zurückgehenden Sonne zu finden; und im Steinbock ein Zeichen der nun wieder heraufzusteigen — von ganz unten nehmlich — anfangenden: das sind keine Überzeugung bringende Gedanken.

Da nun weder im ganzen noch im einzeln diese Ansicht sich empfiehlt; so dächte ich wäre wol auch der Löwe, den viele so zuversichtlich aus der wütenden Sonnenglut sich erklären, so etwas einleuchtendes in diesem Sinne eben nicht: wiewohl man, wenn der Löwe den Menschen wirklich vor Augen stand, eine darauf erst gebaute allegorische Nutzanwendung sich wohl gefallen lassen kann. Dafs er aber vor Augen stand, wie kann man dies bei dieser Stellung seiner Sterne bezweifeln, und ihn von aufsen hinein getragen glauben?

(1) S. meine Vermuthungen hierüber in Ideler's astronom. Beob. der Alten. S. 373.

Nur stelle man wieder die Zeichnung her, welche allein diese schöne Gruppe begründet, die eines majestätisch ruhenden Löwen; nicht die eines im eifrigen Angriff vorwärts eilenden, wodurch gerade das malerisch-charakteristische des Bildes am Himmel vernichtet wird.

Einem Bilde hat man glücklicherweise seine Gestalt, wie sie dem ersten Beobachter sich darstellte, auch in der gangbarsten Zeichnung gelassen; dem grofsen Hunde: und aus dieser wird jeder, der es nicht zu gering achtet, für diese Spiele der Einbildungskraft Sinn zu haben, deutlich erkennen, dafs durchaus kein Symbol für die allen Nationen so wichtige Erscheinung des Sirius bei der Fingirung des Hundes zum Grunde liegt. Vielmehr auch diese Gestalt war gegeben, und ist da; nur — was dem oberflächlichen Sternbetrachter in unsern Gegenden, wo der untere Theil des Sternbildes dem südlichen Horizont zu nah ist, in seiner gestirnten Wahrheit nicht leicht in die Augen fällt — er ist da als ein auf den Hinterpfoten aufgerichtet sitzender, so dafs Sirius die Schnauze, γ den Hinterkopf und β die vorausgestreckte Vorderpfote, drei schöne Sterne im Süden aber den Hinterleib im gehörigen Verhältnifs für das darauf ruhende Thier bezeichnen.

Auch die älteste Notiz von diesem Hunde bei Homer (*Il.* χ, 29.),

> Ὃν τε κύν' Ὠρίωνος ἐπίκλησιν καλέουσιν
> Welcher Orions Hund genannt wird unter den Menschen

zeigt uns blos einen ruhig bei seinem Herrn stehenden oder sitzenden Hund; was auf die mythische Darstellung nur den Einfluſs gehabt hat, daſs Orion als ein Jäger geschildert wird. In so gar keinem Zusammenhang aber steht, gegen die Meinung so vieler, die griechische Mythologie mit der alten Astrothesie, daſs selbst diese gefeiertsten aller Sternbilder weiter nichts als einen oder den andern isolirten Mythos vom Orion, die wir unten noch berühren werden, und ein paar gar nicht Wurzel fassende Deutungen des Sirius auf einen oder den andern mythischen Grund begründeten.

Ja fast zum Spott gegen einen solchen Nimrod ruht ein Hase unter seinen Füſsen. Denn so wenig dieser unter die glänzenden Gestirne gehört, so verdient er doch vor anderen hier eine Erwähnung, als eines das in wenigen Sternen die wirkliche Skizzirung des Gegenstandes darbietet. Ein Oval von sieben oder acht Sternen dritter und vierter Gröſse, bekommt durch vier andre von vierter und fünfter rechts vor und über ihm, ganz das Ansehn eines mit zusammengezogenem Leib und aufrechten Ohren sitzenden Hasen, wozu auch an passender Stelle ein Auge sich füget.

Sehr begreiflich ist es aber auch dafs die Ähnlichkeit eines Haupttheils oft hinreichte um ein ganzes Bild entstehn zu lassen. So bietet die Gesamtgruppe des Stiers durchaus keine Ähnlichkeit, weder mit dem ganzen Thier, noch — wie dasselbe von jeher vorgestellt worden ist, mit der vordern Hälfte, προτομή, desselben dar. Aber, man zweifle nicht, die Gruppe der Hyaden allein hat dies Bild zuwege gebracht. Diese nehmlich die, wie wir oben bemerkten, ein V bildet, stellte sich der lebendigen Fantasie auch als das kurz gedrängte Antlitz eines Stiers dar, gerade in seinem charakteristischen, worin es sich namentlich auch von dem gestreckteren Kuhgesicht unterscheidet.

Ein mehres bedurfte es nun nicht. Schaute einmal ein Stier zum Firmament heraus, so ergänzte ihn die Fantasie, selbst auf Kosten des wahren Verhältnisses. Ein paar zu hoch liegende Sterne wurden die Spitzen der Hörner, und für das Zodiakalsystem erwuchs wenigstens der Vorderleib eines Stiers.

Die Wahrheit dieses Falles, wie sie mir wenigstens erscheint, führt mich gleich zu einer ähnlichen Beobachtung über den Krebs. Dieses Bild ist eigentlich eine leere Stelle. Denn Sterne wovon die gröfsten vierter Gröfse sind, gibt es an jedem Fleck des Himmels auch zwischen den Bildern. Das einzige was hier von jeher die Augen auf sich zog, war ein mattschimmernder Sternhaufen, besonders bemerklich durch zwei Sterne, kleine zwar, von vierter Gröfse, die aber ganz in gleicher Entfernung dicht bei jenem Fleck, zu beiden Seiten desselben stehn; und daher zwei Eseln verglichen werden welche dis- und jenseits ihre Heubündels oder ihrer Krippe stehn. Und so benannte man nun auch, und zwar im hohen griechischen Alterthume

schon diese kleine Gruppe. Diese Art der Sternbezeichnung, da die Sterne nicht Umrisse von Gestalten bilden, sondern jeder für sich formlos, aber im Verhältnifs zu einander, jeder ein Ding oder ein Individuum andeutet, das mit den andern eine Gruppe von Individuen oder eine kleine Scene bildet, ist bei den Nomaden Arabiens die gewöhnliche, mit unserer bemalten Sfäre aber unverträglich; und was daher von dieser Art bei uns vorkommt, findet nur ganz unabhängig von dem eigentlichen Bilde in dessen Umfang es sich befindet, und als Name, statt, wie eben diese beiden Esel im Krebs, und in der neuern Trivial-Astrognosie die Gluckhenne oder die Plejaden im Stier; in die Zeichnung kann es nur auf eine uneigentliche und misbräuchliche Art verwebt werden, wie wir unten bei der Ziege mit den Böckchen sehn werden. Also aus dieser Vorstellung konnte für die schwach erleuchtete Stelle zwischen Zwillingen und Löwe ein Bild nicht erwachsen. Aber diejenigen Augen welche schon gewohnt waren in den Sternen Punkte und Linien zu Umrissen von Figuren zu erblicken, mufsten in dieser kleinen Sterngruppe entweder gar nichts oder etwas ganz verschiedenartiges sehen. Was sie sahen, das sagt mir der Name des Sternbildes: sie sahen ein Krebsgesicht. Eben diese Verschiedenartigkeit des Nebelscheins der zwischen diesen beiden Sternen gesehen wird, gibt jenen die Ähnlichkeit zweier nah

an einander sitzenden und durch einen Bügel getrennten Krebsaugen. Dieser Anblick hiefs der Krebs, wie die Hyaden der Stier: und so bedurfte es, so wie dort beim Stiergesicht der Hörner nicht, so auch hier nicht dessen, was sich übrigens noch ganz leidlich hinzu findet, zweier eben so schwach glänzender Sternpaare in den zwei Scheeren. Der übrige Körper blieb wie dort ohne Auszeichnung. Aber das Bedürfnifs eines ordentlichen Zodiakalbildes, als die Sternkunde sich zu gestalten anfing, machte hier dafs doch wenigstens ein Krebs von der ungeschwänzten Art auf die Sfäre ausgemalt ward.

Das Gegentheil von diesem letzten Falle ist, wenn ohne einen solchen charakteristischen Punkt, ein gröfserer Umfang, wenn gleich schwächerer Sterne, blofs durch den Umrifs den sie darbieten, das Bild eines bekannten Gegenstands erweckt. Indem ich dies am Grofsen Bären zeige, hoffe ich diesem von der grofsen Mehrheit der Himmelsbeschauer gewifs verkannten Sternbild zu seinen plastischen Ehren zu verhelfen. Zwar sind die Septentrionen nichts weniger als schwache Sterne. Aber bekanntlich machen diese nur den vierten Theil des Sternbildes aus; und gerade diese Gruppe gröfserer Sterne ist für das Gesamtbild so wenig charakteristisch, dafs vielmehr, indem sie den Umrifs bilden helfen, sie das einzige der Figur eines Bären fremde, den Schwanz hinzufügen. Fangen wir indessen mit ihnen das Bild von hinten an, so sehen wir unterhalb des Viereeks und von da an nach vorn hin dreimal je zwei dicht bei einander stehende Sterne, die so ebenmäfsig jedes Paar an sich und zu dem andern gelegt sind, dafs die Araber sie die Gazellensprünge nennen; weil sie vermuthlich der Fufsspur dieses Thiers gleichen. Diese drei Sternpaare sind auf den Sternkarten ganz regelmäfsig in drei Füfse des schreitenden Bären gelegt; und der Raum oberhalb ist mit Sternen mittler Gröfse ausgefüllt. Diese würden nun, eben ihres geringen Lichtes wegen für das Auge sich nicht so leicht gruppiren, wenn nicht das ganze Sternbild von gänzlich oder beinah sternleeren Stellen umgeben wäre, welche von der neuesten Astrothesie erst, nicht für das Auge, sondern einzig für das System, mit sogenannten Sternbildern, namentlich dem Luchs und dem Kameelpard, ausgefüllt worden sind. Hiedurch fällt also die grofse Masse des vordern Bären, ungeachtet ihrer eignen mittelmäfsigen Sterne deutlich ins Auge; und zwar so dafs das Ganze mit jener Andeutung dreier schreitender Füfse und dem Schwanz das Bild eines schrei-

tenden Thieres recht gut darstellt. Aber warum eines Bären? Unstreitig weil die kurze gedrungne Gestalt, und eine an der Kopfstelle gleichsam ohne Hals angefügte V-ähnliche Figur, der Physionomie dieses Thieres sehr ähnlich ist.

In der That, welche andre Ursach einen Bären hieher zu bringen, könnte man wol gehabt haben? An den Mythos von der Kallisto wird hoffentlich heut zu Tage niemand denken. Dieser Mythos hat blos den Zweck die Abkunft und den Namen der Arkadier durch den Arkas vom Zeus und dieser in eine Bärin (ἄρκτος, alt ἄρκος) nachher verwandelten Nymfe herzuholen: in die Sterndeutungen aber kam diese Bärin eben so, wie der Nemeische Löwe, und der Marathonische Stier, und der Widder der Helle u. a. Das Thier, den Bären, als blofses Symbol des Norden auf Erden anzusehn, und aus solcher Poesie diesen uralten Gestirn-Namen herzuleiten, ist gewifs auch ein armer Behelf. Oder wollen wir annehmen dafs man von Alters her blos jene sieben Sterne den Bären genannt habe, wie noch jetzt die oberflächliche Astrognosie thut? Wahrlich dann wäre der Name noch unbegreiflicher, und der Schwanz des Bären der auch beim gröfsten Umfange des Bildes den Zoologen zum Anstofs gereicht, wäre vollends die lächerlichste Misgeburt. Denn dafs am kleinen Bären dies gesteigerte Misverhältnis wirklich vorhanden ist, dies beruht nur auf altem Misverstand. Der uralte Trivialname beider Septentrionen war, der grofse und kleine Wagen. Der grofse

Wagen hiefs, als Theil eines gröfsern Bildes, der Bär, und dieser Name blieb im gemeinen Leben fest auf den sieben Sternen, die man allein brauchte; und so hiefs dann allmählich auch der kleine Wagen, der gleichen Gebrauch und ähnliche Gestalt hätte, auch der kleine Bär; und über die Gestaltung des Vierecks, das in so alter Überlieferung ein Bär hiefs, ward gar nicht räsonirt. Aber ich wiederhole es, die wahre Lösung der Aufgabe von Entstehung dieses Namens beim ersten Bild gibt der Anblick. Wer bei voller Nacht und voller Klarheit den grofsen Bären von Nord-Osten heraufkommen oder nach Nord-Westen hinabsteigen sieht, der wird deutlich dieses von mir hier gezeichnete Bild sehn, die kurze gedrungne Gestalt eines seitwärts schauenden Bären: dessen Abnormität am Hintertheil ihn nur zu einem — geschwänzten Bären macht. Was dabei in unserm nordischen Klima und in unsern Städten an deutlicher Erkennung uns hindert, das wende man doch ja nicht an auf jenen südlichen, die Nacht auf dem Feld zubringenden Hirten, und auf den am Steuergriff sitzenden, nach dem Nordpol schauenden Piloten. Einen solchen denke man sich in seiner einsamen Empfänglichkeit, und man wird einsehen, dafs nicht aus irgend einer absichtlichen Klügelei ein Bär von ihm an den Himmel gesetzt wurde, sondern ein Bär ihm am Himmel erschien: wie dies schon allein das durch den Namen ἄρκτος, den der ganze Nordhimmel führt, beurkundete hohe Alterthum dieses Bildes ahnen läfst. Und ein noch sprechenderes Argument für diese Darstellung liegt in einem Worte bei Homer. Ἡ δ' αὐτοῦ στρέφεται, sagt er (*Il.* σ, 488.) von dem Bären, καὶ τ' Ὠρίωνα δοκεύει: „Welcher sich dort umdreht und stets den Orion bemerket." Der Orion, so weit er auch vom Nordhimmel entfernt ist, steht gerade in der Gegend wohin jener so von mir gezeichnete Bär sein schräges Antlitz hinwendet; und zwar so, dafs auch wenn der Orion unter dem Horizont ist, dieser gleichsam lauschende Blick des Bärenkopfs genau dahin weist, wo unter dem Horizont Orion verborgen ist, und Ort und Moment seines Aufgangs bezeichnet: indem, wie ein alter Grammatiker bemerkt, der Dichter witzig (χαριέντως) das Thier den Jäger beobachten läfst. Nach meinem Urtheil gehört dieser Witz nicht diesem Dichter, sondern er ist aufgenommen aus den immer mit Witz verbrämten Beobachtungen und Regeln des Volks. Auf jeden Fall, wer diese Beobachtung machte, konnte nicht die nichtssagende und nirgendhin gewandte Figur der sieben Sterne in Gedanken haben; er konnte auch nicht ein aus formlos beisammen stehenden

Sternen willkürlich benanntes Bärenbild sich so beleben; sondern er sah offenbar den so geformten nach Süd-Osten blickenden Bären, der also ganz in jénes kindlich dichtende und malende Zeitalter gehört und die wahre Ursach der uralten Benennung dieses Gestirns und dieser Himmelsgegend ist.

Und nun auch ein auffallendes Beispiel von einem Bild dessen erste sinnliche Auffassung schon im Alterthume selbst wieder den Beobachtern entschwunden war, und nur in dem Namen geblieben ist. Dies glaube ich im Fuhrmann gefunden zu haben. Es ist der Mühe werth die Sterne erst zu betrachten, wie sie jetzt in die Figur eines Mannes gefugt sind. Dafs

in dieser Gruppe nichts ist, was von selbst die Gestalt eines Mannes erweeken könnte, wenn man auch noch ein Bündelchen kleiner Sterne das hoch oben über dem Ganzen schwebt als Spitze der Kopfbedeckung zu Hülfe nimt, ist offenbar. Am allerwenigsten begreift man woher die bestimmte Idee eines Fuhrmanns kommt und warum gerade dieser eine Ziege mit ihren Böckchen auf der Schulter trägt; und warum dieser helle Stern eine Ziege ist. Ich hoffe dies alles zur Befriedigung zu entwickeln.

Wenn wir vor allem was die jetzige Sfäre positives uns darbietet die Augen verschliefsen, und blofs die Sterne betrachten, so bietet sich hier

dieses als die Hauptgruppe dar, die jeder nur einigermafsen sternkundige sogleich erkennen wird.

Nur weil diese Gruppe, ohne uns ein Bild darzubieten, unserm Gedächtnis eingeprägt ist, und mit ihm einer der bekanntesten Namen am Himmel, so ruft jeder, sobald er sie, so wie ich sie hier gestellt habe, am östlichen Himmel gewahrt: da kommt die Capella; obwohl wir unter diesem Namen nur den grofsen Stern rechts, und in den Sternlein bei ihm die Böckchen erkennen. Der grofse links dient uns nur mit zur Bezeichnung, und nur wer genauerer Kenntnis sich erfreut, weifs, dafs dieser, mit einigen andern in der Nähe, zu dem Hauptbild, dem Fuhrmann gehört. Ich bitte nun dies alles zu vergessen; und diese fünf Sterne hier allein darauf anzusehn, ob sie nicht die wesentlichen Punkte von dem Profil eines antiken Streitwagens mit daraufstehendem Heniochos oder Wagenlenker darbieten.

Der Stern β bezeichnet das hinterste niedrige Ende des Wagenkorbs; das was wir jetzt Capella nennen den hinter der Brüstung des Wagens hervorragenden Wagenlenker oder Fuhrmann, und die Sternlein deuten die Brüstung mit den daran herabhangenden Zügeln an. Um sich ganz zu überzeugen dafs dies das erste Bild war das der Seele des Besehauers sich darbot und den Namen Ἡνίοχος veranlafste, mufs man diese Gruppe allein am Himmel, und zwar, wie schon angedeutet, bald nach dem Aufgange des Sterns Capella betrachten, wo es gleichsam den Horizont entlang zu fahren scheint. Merkwürdig nun allerdings dafs schon bei Aratus keine Spur mehr von dieser Vorstellung erscheint, sondern er vielmehr den Fuhrmann V. 160. ff. und 175. auf eine Art beschreibt, die nur auf das sinnlose Bild pafst wie unsre Sfäre es darstellt. Diese Umwandlung rührt ohne Zweifel von dem allmählich eingetretenen Misverstand des Namens Fuhrmann her, worin man nur den Mann allein hörte; und von der Nothwendigkeit worin man sich gleichsam versetzt sah, den Hauptstern des Bildes, also gerade den Heniochos des Urbildes, unter seinem besondern Namen, der Ziege, mit dem Gesamtbilde zu vereinigen. Diese Ziege müssen wir also besonders betrachten.

Vielleicht hält man es nicht für unnatürlich, dafs ein sehr heller Stern, dicht bei welchem einige kleinere liegen, den Begriff eines Thiers mit seinen Jungen erweckte; und man wird also anzunehmen bereit sein, dafs dies eine ältere besondere Vorstellung dieser kleinen Gruppe sei, die nachher mit dem, unabhängig davon entstandenen, eigentlichen Sternbilde des Fuhrmanns, so gut sichs thun liefs verbunden ward; wie wir die auf unserer Sfäre allerdings vorhandnen ähnlichen Fälle oben berührt haben. Aber dieser gegenwärtige Fall, dafs dicht bei einem gröfsern Stern einige kleinere stehn, ist so ein gewöhnlicher Anblick, und in der Gruppirung dieser, ist so gar nichts eigentliches oder auch nur besonderes — wie doch eben bei jenen Eseln der Fall ist —; dafs man gar nicht sieht warum gerade diese so gedeutet worden, und noch weniger warum eben in eine Ziege. Doch solche Bedenken wären bei so uralten Vorstellungen des Verweilens vielleicht nicht werth, wenn sich nicht eine andere Ansicht darböte, mit welcher ich daher gleich vortreten will.

Jedermann weifs dafs die Ziege mit allen ihren Auf- und Untergängen Stürme bedeutete. Man s. Serv. *ad Virg. Aen.* 9, 668. Plin. 2, 39. Arat. 159.

Ich glaube daher dafs die Ziege nur aus Misverstand des Namens Αἴξ entstand, den man in seiner alltäglichen Bedeutung nahm, da er ursprünglich nur auf den Sturm deuten sollte. Nehmlich von ἀΐσσειν eilen, stürmen, abgeleitet drückte ἄϊξ jede ungestüme heftige Bewegung aus. Bei Homer zwar *Il.* ο, 709.

Τόξων ἀϊκὰς ἀμφὶς μένον,

zeigen Ton und Metrum die Form ἀϊκή: aber Apollonius *Argon.* 4, 820. trägt kein Bedenken zu setzen

ἀνέμων ἄϊκας ἐρύξειν,

wo wir also die Form ἄϊξ, und zwar von den Windstöfsen gebraucht sehn. In diesen Wortformen, so wie auch in dem homerischen πολυαΐξ u. a. herrscht als Stammbuchstab das κ: dafs aber dies nicht wesentlich ist, sondern eben so gut auch ein γ an dessen Stelle trat; dies beweist zuvörderst das Wort αἴξ in seiner gewöhnlichen Bedeutung — denn wer wird diesen Namen des stöfsigen und löckenden Ziegengeschlechts anderswoher als von ἀΐσσειν ableiten? — dann aber auch andre Wörter, die wir aber erst von dem Begriff einer Ziege, womit eine einseitige Etymologie alle zu verbinden weifs, los machen müssen; und insonderheit der Name der Aegis, αἰγίς (1).

Diese war bekanntlich die Wehr der höchsten Götter, die von ihnen erschüttert, Sturm erregte. *Il.* ϱ, 593.

Καὶ τότ' ἄρα Κρονίδης ἕλετ' αἰγίδα Θυσανόεσσαν
Μαρμαρέην, Ἴδην δὲ κατὰ νεφέεσσι κάλυψεν·
Ἀστράψας δὲ μάλα μεγάλ' ἔκτυπε, τὴν δ' ἐτίναξεν.

Virg. Aen. 8, 350.

Arcades ipsum
Credunt se vidisse Iovem, cum saepe nigrantem
Aegida concuteret dextra, nimbosque cieret.

In dieser Aegis nun ein Ziegenfell zu erblicken, droht schon Herodot uns zu verführen, wenn er (4, 198.) sagt, die Griechen hätten die Aegis der Pallasbilder von den libyschen Frauen genommen welche mit Troddeln behängte Ziegenfelle über ihrem Gewande trügen. Aber wenigstens diese

(1) Dafs ich nichts neues im nächstfolgenden behaupte, davon überzeuge man sich bei Heyne zu *Il.* β, 148, dann im *Etym. M.* unter Αἰγίς, Αἰγίαλος u. s. w.

Weiber sind ohne Beweiskraft bei der *αἰγὶς θυσανόεσσα* des Zeus; und man müfste also doch durch einen allgemeinen Begriff zu dem ursprünglichen Ziegenfell gelangen. Wirklich weist uns auch diesen Hesychius in d. W. nach, wenn er aus einem geographischen Schriftsteller (1) anführt, dafs die Lakonier den Brustharnisch überhaupt so nannten: *Νυμφόδωρος δὲ καὶ τὸν θώρακα αἰγίδα λέγεσθαί φησιν ὑπὸ Λακώνων.* Mag es mit dieser Notiz, die sich mit der Herodotischen nicht recht vereinigt, sich verhalten wie es will; unmöglich können wir doch annehmen, dafs dieses von einem ursprünglichen Ziegenfell ausgegangene Appellativ eines gemeinen Panzers so ganz der Eigenname jener erhabenen und furchtbaren Götterwehr sollte geworden sein, so dafs sogar der hohe Beiname des Zeus *αἰγίοχος* davon herkam. Aber mich dünkt diese vom wirklichen Thorax, sei es der Libyerinnen oder der Lakonier, ausgehende Darstellung wird schon allein dadurch entfernt, dafs ja nirgend bei Homer die Aegis ein Panzer ist, sondern überall ein Schild; oder dafs sie doch wie ein Schild ergriffen, erhoben, vorgehalten, erschüttert wird (2). Der Name kann also auch nicht von dem Begriff eines Panzers, also auch keines Ziegenfells, ausgehen, sondern wird seine Begründung in sich haben. Nun ist aber die Aegis, sei sie als Schild oder als Panzer gedacht, der Sturm, die mit Blitzen durchzuckte Gewitterwolke selbst. Dies liegt unter andern in der Fabel bei Diodor, wo Athena ein Ungeheuer namens Aegis, das Asien verheert, erlegt und aus dessen Fell sich ihren Thorax macht. Also dürfen wir auch den Begriff des Namens suchen in dem Namen der Aegis.

---

(1) S. Schweighäuser in *Ind. ad Ath. v. Nymphodorus.*

(2) So namentlich von Athena. Denn wenn gleich solche Stellen, wo sie die Aegis *ἀμφ' ὤμοισιν βάλετο*, zweifelhaft scheinen können (*Il. ε*, 738.), so entscheiden doch solche durchaus, wo sie mitten in der Schlacht einem Helden dasselbe thut: *ἀμφὶ δ' Ἀθήνη Ὤμοις ἰφθίμοισι βάλ' αἰγίδα* dem Achilleus (*Il. σ*, 204.), oder wo es heifst *φθιτύμβροτον αἰγὶδ' ἀνέσχεν Ὑψόθεν ἐξ ὀροφῆς* (*Od. χ*, 297.); oder *Ἐν γὰρ σφιν μένος ἧκε — Αἰγὶδ' ἀναστείσατα* (*Scut. Herc.* 344.), oder *Ἀντίη ἤλθεν Ἄρηος ἐρεμνὴν αἰγίδ' ἔχουσα* (*ib.* 444.). Die Vorstellung vom Thorax, die Herodot erwähnt, mag also schon eine spätere sein: und wenn also wirklich nach der etymologisch ebenfalls gegründeten Ableitung ein Theil der Griechen gewisse Brustbekleidungen *αἰγίας* und *αἰγίδας* nannten, so kann dies jene spätere Vorstellung von der göttlichen Aegis mit veranlafst haben, da ja so sehr gewöhnlich in den Sprachen die Begriffe und die Wörter sich in einander wirren.

Doch er kommt uns ungesucht entgegen. Denn wollte man auch in des Aeschylus Gebrauch (*Choeph.* 589.) *αἰγίδων ἀνεμοέντων* von den Stürmen, einen aus der Götter-Aegis erst gebildeten dichterischen Ausdruck suchen; so gestatten solches doch nicht das zusammengesetzte Wort *καταιγίς* und das Verbum *καταιγίζειν*, die in der Prosa vom herabstürzenden Sturm gebraucht werden (1); und noch weniger das *Ἀάβρος ἐπαιγίζων*, das Homer (*Il.* β, 148.) vom Zefyros braucht. — Mit Winden und Stürmen sind ferner verwandt die Meereswellen: daher *αἰγίαλος* der Ort gegen welchen *αἴσσει ἡ ἅλς*. Wiewohl selbst die richtigste Ansicht der Sache einen alten Grammatiker im Etymologikon nicht abhalten konnte, auch hier die Ziege zu finden: *ἀπὸ τοῦ δίκην αἰγὸς ἅλλεσθαι* „weil das Meer dort nach Art der Ziegen springe." — Und eben dahin gehören dann die Namen von Seeplätzen, wie *Aegae*, *Aegium*, *Aegina*, und des Aegäischen Meeres, und des Aegäischen Poseidon selbst, samt dem von ihm nicht verschiednen Heros Aegeus (2).

So haben wir den Diphthongen *αι* und den Stammbuchstaben *γ* hinreichend für den in *ἀΐσσειν* liegenden Begriff und die stürmische Bewegung von Wind und Wellen belegt: und die kürzeste Form *αἴξ* selbst, worauf wir ausgehn, zeigt uns Hesychius, wenn er *καταΐγας* in einem verlornen Schriftsteller durch *καταιγίδας* erklärt. Dies war also nur eine weichere Aussprache der *ἄϊκες*, die wir bei Apollonius gesehn haben, und der *καταΐκες* bei ebendemselben, bei Kallimachus u. a. (3). Endlich das einfache *αἴγες* war auch in der gemeinen Sprache geblieben für grofse Wellen; wofür wir Sturmwellen, Sturmfluten sagen können (4).

Wenn also gar kein bestimmender Grund ist, warum jener einzele Stern die Ziege geheifsen; so ist es gewifs eine höchst wahrscheinliche Annahme, dafs sein Name Αἴξ ursprünglich blofs den Stürmer bedeutete; bald aber, da so viele Gestirne nach Thieren hiefsen, nach der Bedeutung

---

(1) S. Steph. *Thes.* und Schneid. Wört. in *καταιγίζω*; nebst *Schol. ad Il.* β, 148. *αἰγίδας γὰρ ἔλεγον ἅς ἡμεῖς καταιγίδας.* Vgl. auch Eustath. zu dieser Stelle und Hesych. dessen eine Glosse anfängt, *Αἰγὶς, ὀξεῖα πνοή.*

(2) S. Müller, Dorier I. 238.

(3) S. Schneid. Wört. und die Erklärer des Hesychius in d. W.

(4) S. Artemidor bei Schneider in Αἴξ und Küster zu Suidas in d. W.

desselben Wortes, welche die gangbarste war, verstanden ward, und so nun auch die kleinen daneben zu Böckchen bekam. — Doch man erlaube dem Philologen, dafs er bei einem Gegenstand, den er Einmal behandelt, die Sprachseite ganz aufs reine zu bringen sucht. Auch die Zweideutigkeit des Wortes fällt weg, wenn man mit mir annimmt, dafs es in der ältern Sprache gar keine eigentliche Benennung weder für den Sturm noch für das Thier war, sondern ein Attributiv, dergleichen die Sprachen sowol in Form des Substantivs als des Adjektivs bilden. Ganz analog war dies ἄϊξ von ἀΐσσω gebildet, als Attributiv für Wind und Welle, und für den Stern, welcher dergleichen mit sich bringt, gleichsam der Stürmer, der Tober, das Sturmgestirn. Eben solche Attributive treten aber, namentlich in der griechischen Sprache, auch für gewisse Thiere auf, z. B. κερδώ für den Fuchs, μιμώ für den Affen, und πτώξ für den Hasen. Ja dies letzte, wiewol es *Il.* χ, 310. blofses Epithet ist, ἣ πτῶκα λαγωόν, steht ρ, 676. für das dort noch nicht genannte Thier, also als eine gangbare Benennung desselben: Ὅν τε (den Adler) καὶ ὑψόθ' ἑόντα πόδας ταχὺς οὐκ ἔλαθε πτὼξ θάμνῳ ὑπ' ἀμφικόμῳ κατακείμενος: vgl. *Theocr.* I. v. 110. Καὶ πτῶκας βάλλει καὶ θηρία πάντα διώκει. Ein eben solches Wort war αἴξ: denn der eigentliche griechische Name für Bock und Ziege war χίμαρος, χίμαιρα. Das Wort αἴξ, Stöfser, Stofsthier, war also ein solches Attributiv; das aber zum Hauptnamen ward, und jenen andern Namen fast verdrängte.

Dafs nun aber schon in der Mythologie auf diese Ziege am Himmel Rücksicht genommen ist, und sie die Amalthea sein sollte (*Arat.* 163.), kann keinen Einfluſs auf diese Untersuchung haben: denn weder sind solche Wort-Verwechselungen so jung, noch diese mythologischen Erfindungen so uralt, dafs diese nicht auf jenen Irrthum gefolgt sein sollten. Ein einleuchtendes Beispiel solcher auf Misverstand gebauten mythischen Angaben gibt dieselbe Ziege durch ihren Beinamen. Da nehmlich nun einmal eine Ziege mit ihren Böckchen hier entstanden war, und das Bild des Fuhrmanns doch auch fest stand, so versuchte man hier, was mit den Eseln auf dem Krebse freilich nicht praktikabel war, die Ziege mit samt ihren Böckchen auf dem Fuhrmann anzubringen, und setzte sie ihm auf Arm und Schulter. Und deswegen, besonders aber zum Unterschied von dem Αἰγόκερως oder Steinbock, der in der griechischen Sprache eben so gut Αἴξ heifsen konnte, nannten die Sternkundigen jene Ziege nun Αἶξ ὠλενία (*Arat.* 164.) „die Ziege auf dem Arm".

So einleuchtend und ausgemacht dies aber itzt für uns ist, so verlor doch die unkritische Welt, in deren Sinn und Mund diese Gegenstände sich bewegten, die Ursache solcher Benennung so ganz aus den Augen, dafs man sie für einen Eigennamen hielt — daher auch die Lateinischen Dichter *Olenium pecus* u. d. g. sagen, — den man wie andre mythische Namen behandelte. Von einigen ward nun ein *Olenos* auf mehr als einerlei Art in diesen Mythos gebracht (1); nach andern hatte Amalthea den Zeus nicht in Kreta, sondern in oder bei Olenos in Achaja gesäugt (2): und wirklich traf es sich, dafs in jener Gegend einige Städte beisammen lagen, Helike, Aegion, Olenos, deren Namen sämtlich an die auf Zeus Erziehung bezognen Gestirne erinnern. Kurz dieser Misverstand kann nicht mehr befremden, als der mit der Kynosura als Nymfe; oder als in andern Theilen der Mythologie der Amfiktyon, und der Aegialeus, und die unzähligen andern Appellativa, die als Eigennamen in die Mythen gekommen sind. Aber freilich auch der echte Sinn des Beinamens ὠλενία setzt schon die αἴξ als Ziege voraus: was aber weiter nichts sagen will als dafs, wenn wir die Namen Kynosura und Aix als gleich alt annehmen, jenes Gestirn durch Eine Stufe des Misverstands auf die spätern Mythendeuter gelangt ist, dieses durch zwei.

Nachdem ich den Grundsatz aufgestellt, dafs von den bekanntesten Sternbildern ein Theil aus solchen Sterngruppen entstanden ist, die dem Betrachter wirklich einen Umrifs der wesentlichen oder charakteristischen Theile von irgend einer bekannten Figur gleichsam unwillkürlich darboten; so kann ich es nun der Auffassung eines jeden überlassen, wie weit dies auf die itzt gangbaren Sternbilder anzuwenden sei; mufs aber sogleich einen zweiten Grundsatz jenem zuordnen, dafs nehmlich allerdings, sobald die Fantasie hiedurch in die Gewohnheit gekommen war, bestimmte Gestalten in den Sterngruppen zu sehen, sie nun auch gleichsam die Festigkeit gewann, auch solche Gruppen, die sich von selbst nicht würden als bestimmte Gestalten aufgedrängt haben, gleich darauf anzusehen, um sie dergleichen anzupassen; doch immer innerhalb der Grenzen des natürlichen und wahren: so dafs ich also, da ohnedas eine Scheidung zwischen diesen und jenen

(1) S. *Schol. Arat.* — *Hygin. P. A.* 1, 13.

(2) *Strab.* 8. p. 593. *Schol. Stat. Theb.* 4, 105.

schwer zu machen ist, keinen Anstand nehme, auch die so entstandenen Sternbilder als ursprüngliche, d. h. von der Gestaltung wirklich ausgegangene, aufzustellen.

Dafs dies mit Recht geschehe, werde ich am Herkules darthun. Ideler hat die Stellen angeführt, woraus wir sehen, dafs zwar die Deutung des Sternbildes auf den Herkules alt ist — man schrieb sie dem Epiker Panyasis zu, der sie ohne Zweifel in seine Heraklea mythisch verwebte; — dafs sie aber im Alterthum selbst, eben weil sie eine künstliche und gelehrte Deutung war, als Benennung des Gestirns nicht Fufs fafste. Man sagte immer nur der Kniende (ὁ ἐν γόνασιν, *Ingeniculus, Nixus*), auch, das unbekannte Bild, wobei Aratus ausdrücklich und wiederholt anführt, dafs niemand zu sagen wisse, wer diese Gestalt sei. Es ist also bei diesem Bilde vollkommen gewifs, dafs man ursprünglich, und ohne Veranlassung von aufsen, eine gewisse menschliche Gestalt zu erkennen glaubte, und dafs auf diese erst, was man etwa daraus machte, schon von alters her, nur durch versuchte Deutung gebaut ward. Worauf gründete sich nun diese menschliche Gestalt? Ich glaube, dafs bei diesem Bilde dies nur durch Annahme eines auf Bilder schon ausgehenden Bestrebens entdeckt werden kann; dann aber auch natürlich genug. Die von alters her überlieferte Vorstellung ist, dafs diese Gestalt auf einem Knie ruhe, und den andern Fufs gerade auf den Kopf des Drachen setze. Aratus 69: *μέσσῳ δ' ἐφύπερθε καρήνῳ Δεξιτεροῦ ποδὸς ἄκρον ἔχει σκολιοῖο Δράκοντος* (1). Diese so bestimmt ausgesprochene Vorstellung macht es mir unzweideutig, dafs man die zwei hellen Sterne des Drachenkopfs zugleich als den Fufs des Knienden dachte. Hiezu haben wir das vollkommene Gegenstück im Schlangenmann, der geschildert wird als mit beiden Füfsen auf dem Skorpion stehend. Aratus 84: *Ποσσὶν ἐπιθλίβει μέγα θηρίον ἀμφοτέροισιν, Σκορπίον.* Jetzt hat man diese Bilder, etwas zweckmäfsiger für die Kunst vielleicht, nicht fürs Auge, gerichtet, aber immer noch des Schlangenmanns einen Fufs mitten in den Körper des Skorpions versenkt, jedoch ohne einen ihn bezeichnenden bedeutenden Stern. Nehmlich der wahre Sinn des alten Astrotheten

(1) Der Widerspruch, der zwischen diesem *δεξιτεροῦ* und andern Stellen des Aratus, namentlich V. 272., herrscht, hat mir den Verdacht gegeben, dafs eine alte Verderbung die wahre Lesart überdeckt habe: *μέσσῳ δ' ἐφύπερθε καρήνῳ Λαὲξ ἑτέρου ποδὸς ἄκρον ἔχει σκολιοῖο Δράκοντος.* So ist buchstäblich die alte überlieferte Vorstellung auf der Sfäre.

ist, dafs die beiden hellsten Sterne im Leibe des Skorpions, Antares und β, zugleich die beiden Füfse des Schlangenmanns sind. — Eben so also sind die beiden einander näher stehenden im Kopf des Drachen der eine stehende Fufs des Knienden. Von diesem Fufs etwas seitwärts zieht sich eine fast gerade Reihe nicht sehr heller, aber eben durch diese gerade Richtung dem Auge sehr deutlicher Sterne; und von beiden aus nach Süden streckt sich eine von zwei sehr bekannten und figurirten Sterngruppen, der Leier und der Krone, eingeschlossene Stelle des Himmels, deren Sterne dritter Gröfse weniger durch ihre eigne Gruppirung als eben durch diese Begrenzung eine Form bilden, die sich mit einem dieser Sterne schräg neben dem Kopf des Schlangenmanns endigt. Diese Gestalt kommt, wenn sie kulminirt, in jenen asiatischen und griechischen Gegenden gerade in den Zenith zu stehen: und wenn man dann nach Norden gewandt sie betrachtet, so gibt sie die Figur eines Mannes, wovon jener äufserste Stern (α) der Kopf ist, dann der Drachenkopf, wie schon gesagt, den stehenden Fufs, die

benachbarte Sternreihe aber, die man bis zu δ im Bootes fortsetzen kann, den liegenden Fufs darstellt. Was aber die menschliche Figur vollendet, sind die Arme, welche Aratus so beschreibet:

ἀπ' ἀμφοτέρων δὲ οἱ ὤμων
Χεῖρες ἀείρονται· τάνυται γε μὲν ἄλλυδις ἄλλη
Ὄσσον ἐς ὀργυιήν.

von jeglicher Seite der Schultern
Ragen die Händ' ihm hinaus (1): denn hiehin streckt er und dorthin
Weit zur Klafter sie aus.

Hievon ist auf unserer gemalten Sfäre nichts zu sehen, wohl aber in der Sterngruppe selbst: denn in dieser bieten sich dem Anblick wirklich zwei ausgebreitete Arme dar, ein etwas kürzerer nach der Leier hin, und ihm gerade gegenüber die Sternreihe, welche wir oben als einen Theil der Schlange gesehen haben und die sich hier ganz als zum Knienden gehörig präsentirt, und folglich auch wirklich dazu gehört. In der gewöhnlichen Zeichnung ist dem Bilde, um es völlig als Herkules darzustellen, in die eine Hand die Keule, in die andre ein Büschel Schlangenköpfe als Andeutung des Kerberos gegeben, und somit die wahre Vorstellung am Himmel für den, der sie nicht selbst auffindet, verdunkelt. Zu dieser Entdeckung aber gehört allerdings der heitere funkelnde Südhimmel und ein ruhiger stets den Blick dahin wendender Späher, der sich schon Kennzeichen sucht, um die Sterne seinem Gedächtnis einzuprägen.

Als zweites Beispiel dieser halb gesuchten, halb gefundenen Figuren setze ich die Zwillinge. An Kastor und Pollux ist hier bei Aratus und andern Alten nicht zu denken: noch weniger also daran, dafs aus diesem Zodiakalbilde der Mythos der Dioskuren entstanden sei: obgleich dieser unstreitig einen siderischen Ursprung hat, der heut zu Tage, da er Einmal erkannt worden, auch nicht mehr verkannt werden kann. Die wechselweise im Olymp und im Hades befindlichen Dioskuren sind der Morgen- und Abendstern. Mit den Zwillingen im Thierkreise ist dieser Mythos im geraden Widerspruch, und erst die spätern Sterndeuter, welche von Hygin u. a. angeführt werden, brachten die Namen Kastor und Pollux, aber eben so gut auch andere, auf ihre Sfäre. Dafs die zwei gleich grofsen Sterne α und β für sich hingereicht hätten, die Idee von Zwillingen hervorzubringen, glaube ich nicht: denn dazu ist der Anblick nicht auffallend genug; aber fast parallel mit jenen sind vier andre, welche unter sich von verschiedner Gröfse

(1) Nicht empor, wie Vofs übersetzte. Ἀείρονται geht hier blofs auf das Schweben.

zwar, aber in so gerader Linie und verhältnifsmäfsigen Zwischenräumen stehn, dafs sie, in Verbindung mit jenen zwei, sehr erklärlich als die vier zu jenen zwei Köpfen gehörigen Füfse erscheinen, wozu denn in der Mitte ein Paar Sterne ganz malerisch Gewand und Körper andeuten: so dafs das Ganze bald nach seinem vollständigen Aufgang recht gut als zwei auf dem östlichen Horizont stehende Knaben sich betrachten läfst.

Eben so verhält sichs mit dem Schwan. Das kalte Auge sieht nichts als ein grofses Kreuz, einem Christuskreuze ähnlich; wozu es neuere fromme Astrotheten auch zu stempeln versucht haben, und was es unfehlbar auch in unser aller Augen sein würde, wenn unsre Sfäre in christlichen Zeiten erst belebt worden wäre. In jener ältern Zeit, wo ein so gestaltetes Kreuz keine Bedeutung hatte, kam es dem Bilder suchenden, wenn er es hoch über sich erblickte, sehr füglich als ein mit gestrecktem Halse oben durch die Lüfte schwebender Schwan entgegen. Zwar ist das lange Vorstrecken des Halses mit dem Schnabel, so dafs der Vordertheil des Leibes dadurch im Gegensatz gegen den Hintertheil bedeutender ragt, vielen Vögeln gemein; und das Sternbild heifst daher bei Aratus u. a. blofs der Vogel: zum

deutlichen Beweis, dafs man bei diesen Bildern nur von der den Augen sich darbietenden Gestalt ausging: doch halte ich die bestimmtere Gestalt des Schwans hier für die natürlichste und folglich erste; was auch Eratosthenes, der diesen Namen als den gangbaren erwähnt, gestattet.

Die Sterngruppe der Kassiepea ward auch von den Griechen mit einem Trivialgegenstand, einem lakonischen Schlosse oder Schlüssel (*Arat.* 191. c. *Schol.*), den ich andern zu erklären überlasse, gleichsam beiläufig verglichen, das heifst, ohne in dieser Vergleichung ein Sternbild abzugeben; sie mufs aber auch eine Ansicht zugelassen haben, unter der sie als Person erschien. Es soll nach allen alten und neuen Astrognosten eine auf einem Thron sitzende sein. Allenfalls so gestellt, könnte man das Profil einer

Königin auf dem Thron mit einigem guten Willen hinein denken. Aber ausdrücklich sagen Griechen und Römer, zur Strafe für ihren Stolz, womit

sie auch ihrer Tochter Andromeda das grofse Unheil zugezogen, fahre sie beim Untergehn — denn sie ging den Griechen wirklich ganz unter; uns Nordländern heute gar nicht — also sie fahre mit dem Kopf zuerst hinab. Dann mufs aber der Kopf bei β sein: denn dieser Stern ist der westlichste: und wirklich wird auf der Sfäre das Bild so gelegt, dafs dieser Stern in den obern Theil der sitzenden kommt; zu welcher Gestalt sich aber die Sterngruppe so mit dem schmalen Ende nach unten gar nicht bietet.

Auf einen andern Gedanken bringen mich Aratus Worte. Statt aller Personbeschreibung sagt er an der Hauptstelle 194.:

ἡ δ' αὕτως ὀλίγων ἀποτείνεται ὤμων
Ὀργυιήν. φαίης κεν ἀνιάζειν ἐπὶ παιδί.

sie strecket sich dort von den dürftigen Schultern
Klafternd aus. Du meintest, sie trauere wegen des Mägdleins.

Diese Art der Erwähnung scheint mir von einer alten Darstellung auszugehen, nach der diese Klafter das wesentlichste und sichtbarste war: mit der Figur auf dem Stuhle aber und überhaupt mit dem Bilde als ganze Person gedacht, man drehe das eine oder das andre Ende hinauf, will sich das gar nicht so gestalten. Irre ich nicht sehr, so mufs hier wieder ein Theil den ganzen Körper andeuten oder vertreten. Wagerecht gelegt,

verglich man das Ganze mit ein Paar ausgebreiteten Armen, und dachte sich diese als die Arme einer jammernden (1). Aber den artistischen Astrotheten konnte das nicht genügen. Sie liefsen die alte kunstlose Vorstellung aus den Augen, und verwandelten das Paar Arme in eine sitzende ganze Figur mit solchen Armen; und Aratus betete dies nach. Nach dem Sinne der alten Sternbildner hätte man nur den Schultertheil des Leibes, ungefehr wie er einem badenden mit den Armen über dem Wasser ragt, bilden sollen. Der übrige Körper schwamm unsichtbar im Äther.

Das gröfste astrothetische Räthsel aber ist mir diese Vereinigung von mythischen Personen, die sich hier mit der Kassiepea nicht nur an Einer Stelle zusammengefunden haben, sondern auch einen mythischen Zusammenhang, einen Mythos bilden. Dafs das echte Alterthum nicht willkürlich und von vorn mythische Gegenstände an den Himmel versetzt hat, haben

(1) Mir fällt dabei das *Ecce homo* ein, das von der Figur des Heilandes auf ein Paar verschlungene Arme abgekürzt die Brezeln (*bracciatelli*) veranlafst hat.

wir im bisherigen hinreichend erkannt. Denn Orion ist am Himmel selbst gewachsen; und Deutungen wie Herkules, Kastor und Pollux, Kallisto als Bärin, oder Helike als Nymfe u. d. g. sind sichtbar auf die alten einfachen Ansichten weit später aufgetragen, ohne je recht Fufs zu fassen: hier dagegen sehen wir auf einem Flecke Perseus und Andromeda, Kefeus und Kassiepea, nebst dem in demselben Mythos, worin alle spielen, mit auftretenden Pegasos; ohne dafs man ältere einfachere Vorstellungen zum Grunde liegen sähe, als allein beim Pegasos, der bei den ältern blofs das Pferd heifst. Eben also weil diese Erscheinung so gegen den übrigen Himmel absticht, erkenne ich hier die poetische Absicht, die, in einem einzigen Kopf entstanden, durch irgend eine zufällige Ursache, und durch die Leichtigkeit, welche solch ein mythischer Zusammenhang dem Gedächtnis gewährt, feste Vorstellung ward, und ältere einfaehe, nieht zusammenhangende Bilder, mit Ausnahme der im Alterthume noch fortdauernden Benennung des Pferds, in Vergessenheit brachte. Ich unternehme es nicht, weder über den Urheber der itzigen Darstellung, noch über das was vorher war, Vermuthungen zu machen: nur über das was die erste Veranlassung zu der itzigen Vorstellung gab, habe ich einen Gedanken gefafst. Ich vermuthe nehmlich, dafs diese ganze Konstellation ausgegangen ist von dem Medusenhaupt. Am ganzen Himmel ist keine so dicht funkelnde Stelle als das Medusenhaupt und die Hand des Perseus. Die Fernröhre gewähren hier einen bewundernswerthen Anblick: aber bei einem recht heitern Himmel mit reinster Ätherschwärze wird eben das auch dem unbewaffneten Auge zu theil: ja der Eindruck ist alsdann bei der Verwirrung der tausend einzel nicht zu erkennenden Sterne fast wundersamer: und namentlich der Stern Algol ist dicht umgeben mit mehren kleinern; und von da nach dem Algenib, oder der Seite des Perseus ziehen sich unzählige ganz kleine: so dafs also jener umfunkelte Hauptstern ohne Zweifel die Idee des mit Schlangenhäuptern umwimmelten Antlitzes erweckte; die vier ungefehr in einer Linie unter einander stehenden dahinter aber der Fantasie nun leicht einen Mann darstellten, der das Ungethüm vor sich hielt.

Ich bin daher nicht der Meinung mit Beigel bei Ideler S. 88., dafs die orientalischen Namen dieses Sterns *Algol* oder *Ras'el gul*, Teufel, Teufelskopf, bei den Arabern, und *Lilith*, Gespenst, bei den Juden, aus der griechischen Sage entstanden seien; sondern suche in einer uralten Vorstellung des Morgenlandes, das in diesem Gestirn einen Dämon oder ein Scheusal sah, die gemeinschaftliche Quelle von allem. Im Morgenlande zuverlässig ist, wie soviel anderer finsterer Aberglaube, auch die Vorstellung von diesem Furchtbilde zu Hause; zu dem Griechen kam dorther sein Medusenhaupt; und wahrscheinlich ging alles von diesem gestirnten Haupte aus; für die Anreihung aber des übrigen Mythenwerks brauchen wir nun nicht zu sorgen. Wir haben nun schon gesehen, dafs das Bedürfnis Figuren zu finden der Fantasie entgegen kam. Stand nur erst Perseus mit dem Medusenhaupt wirklich sichtbar da, so fügten sich mehre benachbarte Stern-

gruppen, die man nun auch zu menschlichen Gestalten schuf, durch geringen Aufwand in Personen des alten Mythos, dessen eine Hauptperson Perseus, die andre Andromeda ist: die jammernden Arme wurden zur Mutter des Mägdleins; und eine andre von drei Sternen dritter Gröfse, ward durch eine kleine Gruppe von fünf Sternen vierter am Ende, die sich als eine Tiara betrachten liefsen, zum König und Vater gestempelt.

Bei diesen Andeutungen könnten wir uns beruhigen: besonders da ich wenigstens es keinesweges unternehme, von jedem Bilde die Art wie es sich in der darauf ausgehenden Fantasie gestaltet hat, nachzuweisen. Aber eine andre Bemerkung bietet sich dar. Dieser Fleck am Himmel, der der einzige wirklich mythologische, das heifst, mit der übrigen irdischen Mythologie im Zusammenhang stehende ist, dieser ist eingenommen von einem ungriechischen, von einem morgenländischen Mythos. Perseus zwar steht an der Spitze einer griechischen Genealogie; aber einer aus dem Orient bekanntlich hergeleiteten: und sein dämonisches Wesen, sein ganzer Mythos, seine Thaten aufser Europa sprechen ihn der altasiatischen Mythologie zu. (S. m. Abh. über die mythischen Verbindungen von Europa und Asien. S. 228 und 235.). Die mit ihm in seinem vor uns liegenden Haupt-Mythos verbundenen Personen aber, Kefeus, Kassiepea, Andromeda, sind morgenländische, von welchen die griechische Sage selbst nicht wufste, ob sie sie an die Äthiopische oder an die Phönikische Seeküste setzen sollte. Die einseitigen Ansichten von griechischer Originalität, wo alles auf griechischem Boden selbst seine Anfänge haben sollte, haben sich wol wieder ein wenig verloren, und man wird hoffentlich kein Bedenken mehr tragen, einen grofsen Theil der Mythen aus dem Orient zu holen, jene Originalität aber nur von dem Punkt anfangen, wo das aus den rückwärts liegenden Regionen gekommene mit griechischer Kultur und Poesie sich vermählte. Namentlich jenen Mythen, die im Auslande und unter Personen fremder Völker spielen, wer wird diesen nicht selbst lieber glauben wollen und eben dort auch ihre ersten Quellen suchen. So also auch die Geschichte von der einem Seethier ausgesetzten Königstochter, die sich an der troischen Küste, in der Hesione, wiederholt, ist ein asiatisches Gebild. Denn dafs die Helden, welche die eine und die andre befreien, zu der griechischen Heroenwelt gehören, und dafs die Befreiten nun Mütter von Griechen werden, ist der bekannte Weg aller Mythologie. Also man zweifle nicht, der

Mythos von Perseus, Andromeda, Kefeus und Kassiepea ist ein aus Asien herüber gekommener, und mit ihm kamen zuverlässig auch jene Gebilde am Himmel. Davon ist das ein deutliches Zeichen, dafs kein Name aus der so reichen griechischen Nationalsage am Himmel ordentlich Fufs gefafst hat, während jene vier die, mit Ausnahme des Perseus, ganz thatenleer in der Mythologie sind, schon in altem Besitz sind. Nehmlich, ich wiederhole es, auch den ganzen gemalten Himmel haben die Griechen aus dem Orient bekommen. Denn die Bebilderung und Benennung der Gestirne ist ein vor aller eigentlichen Kultur vorausgehendes Bedürfnis. In Aegypten und in Persien, in Phönikien und in Assyrien, in Phrygien und in Lydien, von welchen Ländern her so vieles zu den Griechen kam, war auch schon im wesentlichen dieses Sternbildersystem; und mit dem Bären und dem Löwen waren auch Perseus und Kassiepea den Griechen überliefert, welche nun erst sie sich zu eigen machten.

Ich thue aber nun noch einen Schritt weiter, und setze die erste Quelle dieses asiatischen Mythos an den Himmel. Denn so unvernünftiger Misbrauch mit dieser Art, das Alterthum zu beleuchten, auch geschehen ist, indem man alle Mythen und alle Religion aus den Sternbildern herholte, so halte ich doch soviel für gewifs, dafs wenn ein Bild wirklich zugleich in den Gestirnen und in den Mythen ist, die Gestirne sein Ursprung sind. Denn die alte Welt versetzte nicht unter die Sterne, sondern sie sah darin, und besprach dann was sie sah; und so kam es als Mythos auf die Erde. Den vorliegenden in diesem Sinne ganz durchzuführen unternehme ich nicht: aber das ist mir höchst wahrscheinlich, dafs die Fantasie, welche einen Mann mit vorgehaltnem Schreckbild hier erblickte, auch eine gefesselte Jungfrau sich schuf: woraus dann die in die Fabelsage gekommene Scene entstand. Wenigstens nennt die griechisch-arabische Astrognosie des Kazwini, so wie die Kassiepea die Thronende, so auch die Andromeda statt dieses ihres Namens die Angefesselte; und Aratus, der sonst nicht viel beschreibende Worte macht, sagt hier ausdrücklich: Δεσμὰ δέ οἱ κεῖται καὶ ἐν οὐρανῷ „Fesselnde Band' auch am Himmel umschlingen sie." Man s. Idelers Angabe über diese Sternketten S. 124.: denke sich aber immer dabei einen schwarzheitern Himmel, und die helle Fantasie jener Völker.

Ich wende mich nun abermals zum *Orion*, um diese einzige siderische Person, die aufser den eben behandelten noch einen wirklich

alten Mythos hat, vollständiger zu erörtern. Doch dieser Mythos selbst wird uns hiezu wenig Stoff geben, als nur dafs er uns darauf aufmerksam machen wird, wie er offenbar weder aus den Mythen an den Himmel versetzt ist, noch auch vom Himmel aus in irgend eine weitere mythische oder ethnographische Notiz eingreift. Alle Variationen seiner Fabel drehen sich blofs um das was man am Himmel sieht, einen Riesen, einen gewaltigen Jäger, der alle wilde Thiere entweder auf der ganzen Erde, oder doch auf der Insel Chios zu vertilgen unternommen habe; einen rohen Menschen, der einer Königstochter, oder gar der Artemis selbst hat Gewalt anthun wollen, und den endlich diese aus dem Wege geräumt, indem sie einen ungeheuern Skorpion über ihn geschickt; ein einfaches Fäbelchen zur Einprägung der Notiz, dafs wenn Orion untergeht, der Skorpion aufgeht.

Unter solchen Umständen ist die Frage, woher er den Namen Orion habe, kein überflüssiger. Denn wenn diese mythische Person am Himmel entstanden ist, so kann sein Name kein anderartiger sein als die Namen Ἡνίοχος, Βοώτης u. s. w. sind, nehmlich ein Appellativ. Zwar beim Perseus und seinen Gefährten haben wir uns hiebei nicht aufgehalten: aber dort konnte und wollte ich keine so bestimmte Meinung aussprechen, und selbst im bestimmtesten Falle mufste der Umstand, dafs wir einen ungriechischen Mythos, asiatische Ideen und Superstitionen zu erkennen glaubten, den etymologischen Untersuchungen allerlei Hemmungen in den Weg legen. Wiewohl auch die Vorstellung und Benennung des Orion niemand einfallen wird in die jüngern Zeiten herabzurücken, wo wir uns die Griechen schon als das eigenthümliche Volk des Namens denken; daher ich denn auch hierin meine Rechtfertigung suche, wenn ich für diesen Namen aus den engern Schranken gangbarer griechischer Sprache etwas heraustrete. Der Vorstellung eines gewapneten Mannes, die wir als die natürlichste von diesem Sternbild anerkannt haben, entspricht ohne Zweifel auch der Name Ὠρίων. Nehmlich diese gewöhnliche Form ist eine Zusammenziehung aus einer ältern, Ὡαρίων, deren sich Pindar (*Isthm.* 4, 83.) und Kallimachus (*Dian.* 265.) bedienen, und die selbst wieder bei ihnen aus Ὁαρίων dem Metrum angepafst ist (1).

(1) Dieses Ὁαρίων selbst ist itzt zwar nicht nachzuweisen als aus *Athen.* 11. p. 491. wo eine andre Stelle Pindars, *Nem.* 2, 16., so angeführt wird, deren gewöhnliche Lesart bei Pindar selbst Ὡρίωνα ist. Böckh hat dort aus zwei Handschriften und mit Vergleichung

Der Kenner der griechischen Sprache wird aber in diesem O sogleich eine Modifikation des alten Digamma erkennen, folglich Ὀαρίων als Ἀρίων ansehn, und eine Ableitung dieses Namens von Ἄρης natürlich finden. Doch mufs ich mehres hieher gehörige genauer belegen. Was insbesondere das Übergehen des Lautes *w* oder *v* in einen der benachbarten Vokale betrifft, so wie es aus dem lateinischen *u*, und aus der spätern griechischen Schreibung lateinischer Namen, wie *Valerius, Veturia,* Οὐαλέριος, Οὐετουρία, bekannt ist; so waren im altgriechischen die Vokale υ und ο von gleichem Gebrauch. Dies erhellet für υ aus dem Pflanzennamen ὑάκινθος *vaccinium*, dem Stadtnamen Ὕέλη *Velia*, und dem Worte υἱὸς, dessen alte Form FIOΣ sich im lateinischen *filius* beurkundet: für ο aber durch den Namen Ὀϊλεύς, dessen andre Form Ἰλεύς war mit dem Digamma, und der auch wieder in Οἰλεύς eben so wie Ὀαρίων in Ὠρίων zusammengezogen ward (1); ferner durch den Namen der kretischen Stadt Ὄαξος, welche auch Ἄξος, auf den Monumenten aber deutlich FAΞOΣ geschrieben ist (2). Dafs aber Ἄρης das Digamma gehabt hätte, ist zwar aus Homer nicht bekannt, aber dort hatten auch andre Wortstämme z. B. *αἰρεῖν, ἑλεῖν, ἅλεσθαι* in diesen ihren geläufigsten Formen das Digamma nicht mehr, während es sich kund that in *ἀποαιρεῖσθαι*, in ἕλωρ, in ἅλτο. So wie nun die Vergleichung andrer europäischen Sprachen bei vielen griechischen Wörtern eine Übereinstimmung im Digamma nachweist,

---

der andern pindarischen Stelle in der kleinen Ausgabe itzt Ὠαρίωνα aufgenommen, so jedoch, dafs des Metri wegen die zwei ersten Vokale dennoch in eins gelesen werden müssen. Ich vermuthe daher, dafs dort die wahre Schreibart wirklich ist Ὀαρίωνα. Wie denn auch Eustathius *ad Il. v*, p. 903. die homerische Zusammenziehung ὄαρες ὦρες damit belegt; freilich er dies blofs aus des Athenäus Anführung der pindarischen Stelle nehmend. s. Schweigh.

(1) S. *Hermann. de Em. Graec. Gramm.* p. 41. s. Dieser Name Ἰλεύς hatte eine in der Sage irgendwie begründete gleiche Ableitung mit Ἴλιος, das ebenfalls digammirt war. Zwar wird der Name des Helden in einem Fragm. des Hesiodus (s. *Etym. Gud. v.* Ἰλεύς, *Ruhnk. Ep. Cr.* I. 108.) von ἵλεως abgeleitet, indem Apoll ihm denselben gegeben habe, als er an dem Tage, da er mit Poseidon die Mauern von Troja gebaut, eine Nymfe willfährig (ἵλεων) gefunden. Aber man sieht schon aus der Erwähnung von Troja, dafs der älteste Mythos den Namen von Ἴλιος abgeleitet wissen wollte, wohin auch das Digamma führt.

(2) S. *Steph. Byz. v.* Ἄξος *et* Ὄαξος und dort die Noten. Mit der gewöhnlichen Form des Digamma erscheint der Name dieser Stadt auf Münzen, woraus erhellet, dafs was Chishull (*Ant. As.* p. 125.) auf dem bekannten Steine für ein Σ las, ebenfalls das Digamma ist; s. *Eckhel D. N.* II, p. 305.

wie in *videre*, wissen, εἶδω; Werk, ἔργον; *vesper*, ἑσπέρα; *vinum*, Wein, οἶνος; *viginti*, εἴκοσι; weichen, εἴκειν: so erhellet derselbe Hauch für Ἄρης, wenn man besonders die verwandten Wörter ἀρετή, ἄρρην, *arma* dazu zieht, aus der Vergleichung mit

war (engl.), Wehr, wehren, *vir*, *virtus*

vollkommen (1). Man erlaube mir nun eine, wenn auch zufällige, Übereinstimmung in Formation und Endung zu Hülfe zu nehmen, um, als auf eine merkwürdige Übereinstimmung zwischen Wörtern entferntester Zeiten und Orte, das Ohr aufmerksam zu machen auf die zwischen dem englischen *warrior* und unserm himmlischen Krieger Ὠαρίων.

Unser etymologisches Verfahren mit dem Namen Orion kann nur Bestätigung finden in der Wandelbarkeit des Anfangbuchstabens, die wir noch erörtern wollen, weil dadurch auch noch andre merkwürdige Notizen über das Sternbild zur Sprache kommen. Die alten Mythographen, nicht die Grammatiker, hatten eine sehr seltsame Fabel mit eben so seltsamer Etymologie für dasselbe, die man am besten aber freilich auch ganz unumwunden liest in der aus Euphorion geschöpften Erzählung beim Scholiasten zu *Il.* σ, 486. und bei Paläphatus Kap. 5.: während Ovid (*Fast.* 5, 531.) sie auf seine Art ausgeführt und mit scheinbarer Schonung des Anstands vorträgt. Zu dem Hyrieus, einem sehr gastfreien Mann in Tanagra in Böotien, kamen einst Zeus, Poseidon und Hermes in Menschengestalt, und wurden gastlich aufgenommen und bewirtet. Nachdem sie sich zu erkennen gegeben, heifsen sie ihn eine Bitte thun; und der kinderlose bittet um einen Sohn. Die Götter befruchten hierauf die Haut des geschlachteten Stiers, und heifsen ihn diese vergraben; worauf nach zehn Monden ein Sohn aus derselben entstand, welcher von dieser Handlung der Götter und einer unedeln aber alten Benennung derselben, nehmlich von οὐρεῖν, den Namen Οὐρίων bekam, späterhin aber durch einen Euphemismus Ὠρίων genannt ward. Dafs wir hier den Hauptzügen nach den hebräischen Mythos des Abraham vor uns haben, ist einleuchtend; nur dafs die Entwicklung

---

(1) Selbst *Mars* und *mas*, *maris* treten deutlich zu Ἄρης und ἄρρην: denn das *m* ist ja ein Stellvertreter des *w*, oder umgekehrt, auch in *Muleiber Vulcanus*, mir provincial für wir, meinen verglichen mit wähnen, Minne verglichen mit *Ven*, *Winnesjäfte* (Freund, Freundschaft), und gewifs wol auch mit *Venus*.

dort auf eine der Gottheit würdigere Art ausgeführt ist (1). Über einen besondern Zusammenhang dieses Mythos mit dem Sternbild werde ich gleich noch einiges bemerken, und bleibe hier nur bei der Etymologie stehen, welche sie darbietet. Gesuchte Ableitungen enthalten zwar die alten Mythen in Menge: aber immer gibt entweder der Laut oder die Sache eine nahe liegende Veranlassung zu solchem Zwang. Der Laut Ὠρίων hätte keinen Menschen zu jenem Einfall veranlassen können. Wenn aber das Sternbild auch den Namen Οὐρίων, verkürzt aus Οὐαρίων, wirklich trug, so war die Etymologie fertig. Auch tragen die Mythographen die Geschichte so vor, dafs sich auf das wirkliche Dasein der Aussprache Urion schliefsen läfst (2): und den alten Deutlern im Volke, die nichts verschmähten, war der Name Urion mit dieser Ableitung willkommen, um auch die Regengüsse, welche dies Gestirn brachte, hineinzubringen (3).

Sehr wahrscheinlich wird es mir ferner, dafs auch der Name Ὑριεύς, den Orions Vater führet, eigentlich der Name des Orion selbst ist. Dafs ΥΡΙΕΥΣ aus FAPIEΥΣ, ΥΑΡΙΕΥΣ geworden, dafür spricht in Verbindung mit den schon angeführten ὑάκινθος, Ὑέλη, noch ganz besonders die Vergleichung der Wörter ὕδωρ und ὕλη mit *water* und Wald. Merkwürdig ist daher die Variante Ὠριεύς, welche sich findet in den Handschriften und Ausgaben von *Schol. Nicand. Ther.* 15. s. Schneider; und *Tzetz. ad Lycophr.* 328. s. Müller: daher Eudocia (unter Ὠριεύς und Ὠρίων) blofs jene Namensform für Orions Vater in viermaliger Wiederholung hat. Ich vermuthe daher, dafs dies eine Variante ist, nicht sowol in den Büchern als in der Fabel

(1) Dafs Fourmont die Ableitung dieses griechischen Mythos aus phönicischen Quellen, und durch diese aus der heil. Schrift darzuthun gesucht hat in einer Abhandlung (*Ac. des Inscr.* Tom. XIV. p. 16.), die das *non plus ultra* etymologischer Unvernunft ist, wird hoffentlich der Anerkennung des Wahren keinen Eintrag thun. — Dagegen mache ich aufmerksam darauf, dafs in derselben Gegend Griechenlands, in Orchomenos, ein andrer abrahamischer Mythos, der von Isaaks Opfer, in der Person des Athamas und des Phryxos einheimisch geworden. S. m. Abh. von den Minyä (1820. S. 204.).

(2) Als Euphemismus haben wir den gewöhnlichen Namen eben vorgetragen gesehen: nach Hygin (*P. A.* 2, 34.) ward der von Hyrieus dem Sohn gegebne Namen *Urion, vetustate et consuetudine* in *Orion* verwandelt; Servius aber schreibt es dem dorischen Dialekt zu. Es mufs aber bei ihm gelesen werden: *ut ου diphthongus in ω* — nicht ο — *verteretur.*

(3) Die Euphorionische Erzählung schon thut dies: οὕτως ὀνομασθεὶς διὰ τὸ οὐρῆσαι ὥσπερ τοὺς θεούς. *Isidor. Orig.* 3, 70. *dictus Orion ab urina, id est ab inundatione aquarum.*

selbst; und verbinde damit den merkwürdigen Umstand, dafs bei Servius und beim Scholiasten des Statius der Vater des Orion geradezu selbst Orion genannt wird, und zwar wiederholt, wiewol zum Theil in einer Verderbung, die aber von der Form Hyrieus keine Spur mehr enthält (1). Es scheint mir gewagt zu sein, dies alles als Verderbuug aus Verderbung ohne weiters zu beseitigen. Zu diesen Spuren der ursprünglichen Einerleiheit zwischen Hyrieus und Orion tritt nun noch der Umstand, dafs Hyrieus ein Sohn des Poseidon und der Plejade Alkyone ist; theils wegen dieser für einen Stern-Heros so natürlichen Genealogie, theils weil von andern Orion selbst ein Sohn des Poseidon genannt wird (2). Für sich allein betrachtet ist Hyrieus ein böotischer Heros, dessen Name von der Stadt Hyria nicht getrennt werden darf (3). Aber eben darum ist es auffallend, dafs die Geburt des Orion, dieses vornehmsten aller siderischen Heroen, gerade mit dem Namen eines solchen in Verbindung gesetzt worden ist, der, wie jeder nach einer Stadt benannte, nur die leere Personifikation solcher Stadt ist. Ich vermuthe, dafs jener uralte morgenländische Mythos mit schwankender Namensform des Hauptheldeu Orion, Orieus, Urion, Hyrieus in der böotischen Landessage sich zum Theil dahin befestigte, dafs man den Namen, wie so oft geschehen ist, in zwei Personen spaltete, und durch die eine neue Namensform veranlafst ward, den Mythos auf eine Stadt zu beziehen, deren Namen denselben Stammlaut hatte, Hyria zwischen Tanagra und Aulis; woselbst auch wol die mythische Schatzkammer zu suchen ist, welche von Trofonios und Hekamedes diesem Hyrieus erbaut worden.

---

(1) *Serv. ad Aen.* 1, 539. *Orion rex, cum filios non haberet, a Jove, Neptuno et Mercurio — petit ut sibi liberos darent etc. — quo facto inventus est puer, cui nomen ab urina impositum ut οὐρίων diceretur etc. ad* 10, 763. *Orion, ut etiam in primo diximus, Oenopionis filius regis fuit, ei concessus ab Jove etc. Hic venator immensi corporis fuit, qui quodam tempore susceptus a rege Oenopione cum vellet ejus filiam vitiare etc.* Es ist sonnenklar, dafs hier das erstemal *Oenopionis* verdorben ist aus *Orionis:* und wenn es beim Scholiasten des Statius 3, 27. heifst: *Jupiter et Neptunus cum ad Oenopionem regem in hospitium venissent*, — so steht in der Handschrift ausdrücklich *Orionem*: s. *Munck. ad Hygin. fab.* 195. Gewifs ist also, dafs in den Quellen dieser Scholiasten Orion ein Sohn des *Orion* genannt war.

(2) Hesiodus bei *Hygin. P. A.* 2, 34. Pherecydes bei Apollodor 1, 4, 3.

(3) Strab. 9, p. 620.

Endlich mit gänzlich abgeworfenem Digamma, und also mit der gangbaren Form des Stammes, Ἀρης, übereinkommend, Ἀρίων, ist ebenfalls eine sehr bekannte Namensform, die auch, wenn andre mythische Wesen sie führen, namentlich das bekannte kriegerische Pferd, schon durch die bloſse Analogie unsere Ableitung des Namens Orion begünstigt. Aber bey Hygin (*fab.* 194.) und beim Scholiasten des Germanikus hat sich auch die Sage erhalten, daſs der bekannte Sänger Arion (welchen der angezogene Scholiast nicht bloſs Einmal, sondern durch die ganze lange Erzählung Orion nennet), zusamt dem Delfin der ihn rettete unter die Sterne versetzt worden; eine Nachricht, welche nur eine andre Deutung des Sternbildes Orion enthält, und also vermuthen läſst, daſs dessen Name auch Arion gesprochen worden.

Eine sehr merkwürdige Bestätigung aber des hier vorgetragnen liegt in einer Notiz bei Lykophron und dessen Scholiasten. Nehmlich der Dichter hat V. 938 und 1410. für Ares einen alten seltnen Namen, Κανδᾶος oder Κανδαῖος: und V. 328., wo die Opferungen der Polyxena und der Ifigeneia (beide noch zukünftig) unter einander verglichen werden, heiſst es von dem, der die Ifigeneia tödten werde:

Ῥαίστει τριπάτρου φασγάνῳ Κανδάονος.

Wozu in den Scholien erst ein verwirrtes und widersprechendes Gemenge steht (s. die Varianten bei Potter p. 40. und bei Müller p. 538.), dann aber zu 328. ausdrücklich gesagt ist: Τριπάτρου. Ἐπὶ μὲν Ὠρίωνος, ὃν καὶ Κάνδάονα Βοιωτοὶ καλοῦσιν: hierauf die Fabel von Hyrieus und den drei Göttern, mit dem Zusatz: ὅθεν καὶ τρίπατρον αὐτὸν καλεῖ. τὸ δὲ Ὠρίωνος ξίφος ὁ Διομήδης εἶχεν: denn Diomedes ist vorher als der Opferer genannt. Hiegegen kann der Theil des Scholien-Gemenges, welcher auch den Namen Κανδάων hier durch den Ares erklärt, nicht aufkommen. Denn erstlich hat die Erklärung von τριπάτρου durch den Orion vollkommne Evidenz (1); dann wäre gar nicht zu begreifen, wie man auf den Orion in der Erklärung hätte kommen können, wenn nicht eine Notiz von dem in Böotien vorkommenden Namen Kandaon für Orion vorhanden gewesen wäre. Endlich hat auch die Angabe, daſs Ifigeneia mit Orions Schwert getödtet worden, sehr guten innern Zusammenhang, da das Opfer in Aulis, also im alten Gebiet

(1) Zum Überfluſs gibt auch Nonnus *lib.* 13. dem Orion das Epithet τριπάτωρ.

des Hyrieus, geschah, wo eine Volkssage, oder auch eine Dichter-Erfindung zur Ausschmückung dieses Mythos, von dem unter den Opfergeräthschaften erhaltenen Schwert Orions sehr natürlich war. Und so geben also die Namen Κανδάεος oder Κανδαΐος für den Ares, und Κανδάων für den Orion gleichsam einen parallelen Beleg für den etymologischen Zusammenhang der Namen Ἄρης und Ὠρίων (1).

Wenn ich den Mythos von Orions Entstehung mit der Gestalt des Sternbilds vergleiche, so ergibt sich mir noch eine andre alte Vorstellung von diesem, die durch die gewöhnliche verdrängt worden ist. Bei Hygin *fab.* 195. heifst in der obigen Erzählung von Orions Erzeugung der sogenannte Vater desselben Byrseus. Wie man gewohnt ist, die Namen in Hygins Werke entstellt zu sehen, wird es gewifs niemand bedenklich gefunden haben, die fast einstimmig von den Erklärern vorgeschlagene Besserung Hyrieus anzunehmen. Aber es kommt hinzu, dafs in Hygins Erzählung dieser Byrseus König von Thrakien genannt wird, da Hyrieus ein Böotier war. Erwäge ich nun ferner, dafs nach diesem Mythos Orion aus einer Ochsenhaut entstanden ist, und dafs diese in der griechischen Abfassuug desselben βύρσα genannt ist; so kann ich vor der Beziehung, die sich hier darbietet, die Augen nicht verschliefsen. Gewifs ist es dem Geiste der alten Mythologie ganz angemessen, dafs ein Theil der Erzähler aus diesem Worte dem Vater einen Namen bildete; besonders wenn diese Byrsa noch auf eine andre Art in der Einbildung jener Alten lebte (2). Kurz ich sehe vor meinen Augen, dafs man sich jene grofse Sterngruppe auch unter der etwas rohen Vorstellung einer ausgespannten Ochsenhaut dachte. Die vier grofsen Sterne an den vier Ecken bilden die vier Extremitäten einer solchen, und über den beiden obersten ist in der Mitte eine durch einige kleinere Sterne ausgezeichnete Stelle für den Hals der Haut. In der Mitte wird sie schmäler und — hier tritt nun jener abenteuerlich gestaltete Mythos hinzu — die drei grofsen Sterne in der Mitte sind die Spur der Befruchtung von den

(1) Wer alles aus Aegypten holet, den wird freilich die Angabe bei Plutarch *de Is. et Os.* p. 357., dafs Orion von den Aegyptern für die Seele des Orus gehalten werde, besser ansprechen. Aber spätere ägyptisch-griechische Träumereien, wie sie jenes Buch enthält, sind von echt-alter ägyptischer Theologie zu unterscheiden.

(2) Dafs noch sonst etwas unter dieser βύρσα verborgen liege, ahnete schon Valckenaer in seiner *Diss. de Byrsa Carthaginiensium* p. 8.

drei Göttern. Nun wird es allerdings begreiflicher, wie diese Mythen vermischt und der auf ganz andrem Wege entstandene Name Urion oder Orion gerade so gedeutet werden konnte. Die ästhetische bessere Vorstellung eines riesenhaften Mannes behielt natürlich die Oberhand, die andre blieb in der Mythologie. Doch scheint mir auch auf der Sfäre noch ein Überrest davon geblieben zu sein, in der Thierhaut, δορὰ, welche nach dem Ptolemäischen Verzeichnis Orion statt Schildes in der linken Hand hält. Es ist unmöglich, die einzelen Verwirrungen, welche aus der Vermischung der Mythen schon im höchsten Alterthum entstanden, alle zu entwirren: doch wird es mir, wenn ich alles obige vergleiche, nicht unwahrscheinlich, dafs als mit der Fabel jenes Götterbesuchs und der Thierhaut, die von Orion als astronomische Person sich vereinigte, dieser in einigen Vorstellungen die aus der Ochsenhaut erzeugte Frucht, in andern der Besitzer derselben oder der sogenannte Vater ward. Als aber auch diese beiden Vorstellungen vereinigt wurden, war es freilich sehr natürlich, dafs man die eine Form des Namens, Orieus oder Hyrieus, dem Vater, die andre, Orion, dem Sohne zueignete; da es denn aber bei der grofsen Mannigfaltigkeit der Erzählungen nicht fehlen konnte, dafs in einigen derselben auch die Form Orion, für den Vater, vielleicht ohne Nennung des Sohnes, sich erhielt, die dann (wie wir in den oben erwähnten lateinischen Scholiasten gesehen haben) von spätern Grammatikern noch ungeschickter vereinigt ward.

Vergleichende Zergliederung des Sanskrits und der mit ihm verwandten Sprachen.

Dritte Abhandlung.

Über das Demonstrativum und den Ursprung der Casuszeichen.

Von

Hrn. BOPP.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 14. April 1825.]

In allen Sprachen des Sanskritischen Stammes gibt es mehrere adjektive Pronomina der dritten Person. Das wichtigste darunter für die Sprachvergleichung ist dasjenige, welches im Griechischen und Deutschen die Stelle des Artikels vertritt, und, mit Ausnahme des Persischen, in allen mit dem Sanskrit verwandten Sprachen sich erhalten hat, mehr oder weniger umgeändert oder der Form getreu, welche die Vergleichung als die älteste oder ursprüngliche ausweist. Sein Stamm lautet im Sanskrit *ta*, und ist also blos durch den Vocal von dem Stamme der zweiten Person unterschieden. Ein Artikel ist in der alten Sprache der Indier nicht gebräuchlich, und der Stamm *ta* hat die Bedeutungen er, dieser und jener, wird sowohl substantivisch als adjektivisch gebraucht und steht häufig energisch, zu lebendigerer Personifizirung des durch ein Substantiv bezeichneten Gegenstandes, nach Art des Griechischen Artikels bei Homer; auch kommt er, wie schon anderswo bemerkt worden, wie ὁδε und ὁγε in Construktion mit den beiden ersten Personen vor (1). Im Femininum verlängert sich der kurze Vocal, weil überhaupt das Femininum die langen volltönenden und wohlklingenden Vocale liebt; aus *ta* wird *tâ*, wie im Griechischen aus TO, TH oder das Dorische TA.

Was nun die Deklination dieses Pronominal-Stammes anbelangt, so scheint es mir von besonderer Wichtigkeit, dafs im Singular-Nominativ,

(1) S. Anm. 4. zu *des Bramahnen Wehklage*.

mit Ausnahme des Neutrums, das wurzelhafte *t* in *s* übergeht, also *sas* er, *sâ* sie. Sehr alt mufs diese Veränderung seyn, und über die Periode der Sprachspaltung hinausreichend, somit ein Eigenthum der Asiatischen Stammsprache, bevor sich von ihr Zweige nach entfernten Weltgegenden verbreiteten; denn es findet sich dieselbe und eine ähnliche Verwandlung in zwei der verwandten Europäischen Sprachen, die weiter nichts anders als einen gemeinschaftlichen Ausgangspunkt mit einander gemein haben; ich meine das Gothische, den ältesten Zweig des Germanischen Stammes, und das Griechische. Im Gothischen lautet der Stamm des demonstrativen Pronomens *tha*, dessen *a* im Femininum in ein langes *o* (*ó*) übergeht, welches hier, wie in vielen anderen Fällen, dem Sanskritischen langen *a* und dem Griechischen η entspricht; und der Singular-Nominativ der beiden Geschlechter verändert *th* in *s*, daher *sa* der, *só* die. Ich kann nicht glauben, dafs diese Nominative der schwachen Deklination angehören, während alle übrigen Casus zur starken sich bekennen. Es würde nämlich dieses soviel sagen, als dafs jenen Nominativen die Stammformen *san* und *són* zum Grunde lägen, woraus durch Abwerfung des *n*, *sa* und *só* entstanden seyen, wie im Lateinischen *sermo* aus *sermon*, im Sanskrit *s'armâ* aus *s'arman*. Zu Gunsten der hier bestrittenen Ansicht spricht freilich der Umstand, dafs aufser dem Pronomen *sa* im Gothischen kein männlicher Singular-Nominativ auf *a* vorkommt, der nicht durch Abwerfung eines zur Grundform gehörigen *n* entstanden sey. Allein man vergleiche *sa* mit dem Griechischen ὁ; beide stimmen darin überein, dafs sie das Nominativzeichen *s* entbehren. Die Ursache dieser Erscheinung und ihren auffallenden Zusammenhang mit dem Sanskrit werden wir in der Folge zu entwickeln suchen; für jetzt wollen wir nur darauf aufmerksam machen, dafs ὁ im Griechischen eben so isolirt dasteht als *sa* im Gothischen, da es der einzige männliche Singular-Nominativ von einer Grundform auf *o* ist, dem das nominative Σ mangelt, und diese Verzichtleistung auf das Nominativzeichen mufs bei dem Griechischen Artikel um so auffallender scheinen, als es eine so grofse Anzahl von Grundformen auf *o* gibt, welche sämmtlich dem Singular-Nominativ Masc. ein Σ einräumen, und diese mächtige Analogie, sollte man glauben, hätte dem Griechischen Artikel, im Nominativ, ein Σ aufdringen müssen, wenn er es nicht von Anbeginn gehabt hätte. Es mufste also irgend einen von Griechen und Gothen gleich lebhaft gefühlten Grund geben, weshalb der Artikel der Annahme

des in beiden Sprachen gleich allgemeinen Nominativ-Charakters widerstrebte, welcher im Sanskrit, wie in den meisten verwandten Sprachen, ein *s* oder ein aus *s* entstandenes *r* ist.

Im Gothischen gibt es aufser dem Demonstrativ-Stamme *tha* und dem Interrogativ-Stamme *hwa* keine Masculina mit schliefsendem *a* in der Grundform (1). Beide entsprechen Sanskritischen Pronominalstämmen mit gleichem Ausgang: *ta* und *ka*; beide Gothische Formen zeigen im Femininum ein langes *o* an der Stelle des langen *a*, wodurch sich im Sanskrit das Femininum von der Grundform des Masculinums und Neutrums unterscheidet; es verhält sich also *thô*, *sô* und *hwô* zu *tâ* (ता) *sâ* (सा) und *kâ* (का) wie das Griechische δίδωμι zu dem Sanskritischen gleichbedeutenden *dadâmi*. So wie nun der Vocal *a* im Gothischen als Endbuchstabe männlicher Nominative auf diese beiden Pronomina beschränkt ist, so ist auch *ô* als Endbuchstabe weiblicher Grundformen, was den Nominativ Sing. anbelangt, nur an diesen beiden Pronominen sichtbar. Wenn aber ein Zusammenhang statt findet zwischen dem *ô* von *sô* die, diese, und dem von *daurô* die Thüre, von der Grundform *daurôn*, so besteht derselbe, meiner Überzeugung nach, in nichts anderem als in der Vorliebe der Gothischen Femininen für den Vocal *ô*. Von dieser Neigung zu dem volltönenden *ô* kommt es, dafs bei Wörtern von schwacher Deklinationsform den männlichen Wortstämmen auf *an* weibliche auf *ôn* gegenüberstehen, und dafs bei Femininen starker Deklinationsform im Verhältnifs zum Masc. und Neutr. das *ô* in den Casus-Endungen überwiegend ist.

Zu beachten ist noch, dafs zwei andere Germanische Mundarten, das Alt-Nordische und Angelsächsische, in welchen beim Demonstrativum das Gefühl des Gegensatzes zwischen dem Singular-Nominativ einerseits, und den sämmmtlichen obliquen Casus andrerseits, lebendig und stark geblieben ist, und welche daher noch im Einklange mit dem Sanskrit den radikalen

---

(1) Vermöge einer Entdeckung, die ich erst seit der Abfassung dieser Abhandlung gemacht habe, ist das hier Gesagte so zu verstehen, dafs die genannten Pronomina die einzigen Stämme auf *a* sind, welche diesen Vocal im Singular-Nominativ bewahren, was sie wahrscheinlich ihrer Einsylbigkeit verdanken. Aufserdem enden aber die Stämme aller männlichen und neutralen Substantive und Adjektive der ersten Deklination auf *a*, welches aber im Nominativ Sing., und bei Substantiven auch im Accusativ, unterdrückt wird, wie ich anderwärts glaube bewiesen zu haben (Berliner Jahrb. 1827. S. 730 u. s. w.).

t-Laut im Nominativ in *s* umwandeln, oder, wenn man sich so ausdrücken will, den Casus rectus aus anderem, edlerem Stamme bilden, dem platten *t* das hohe *s* entgegenstellend — zu beachten ist es, dafs diese beiden Mundarten dem Nominativ Masc. des hier behandelten Pronomens oder Artikels ebenfalls sein gewöhnliches Kennzeichen entziehen. Im Alt-Nordischen heifst *sa* der und *sû* (dem Gothischen *sô* entsprechend) die; im Angelsächsischen steht *së* und *sëo*. Auf das Angelsächsische kommt aber hier wenig an, da es überhaupt auf die Nominativ-Bezeichnung verzichtet. Um so mehr aber kommt hier auf das Alt-Nordische an, welches sonst fest auf der Nominativ-Bezeichnung der Masc. verharrt, und zwar nicht blos bei Pronominen und Adjektiven, sondern auch bei Substantiven, in welcher Beziehung es als einzige Gefährtin des Gothischen dasteht. Warum nun bildete das Alt-Nordische nicht *sar*, analog mit *hwar* wer, sondern *sa* wie im Gothischen und analog mit dem Griechischen ὁ? Schwerlich dürfte man zu beweisen vermögen, dafs dieses Alt-Nordische *sa* von der schwachen Deklination sey, denn der Beweis könnte nur aus den obliquen Casus entnommen werden, und diese sprechen dagegen. Aus dem Gesagten aber geht klar hervor, dafs das Gothische *sa*, *sô*, und das Alt-Nordische *sâ*, *sû* ihrem Ursprunge nach jenseits der Periode der so ausgedehnten Verbreitung schwacher Deklinationsform liegen, oder überhaupt jenseits der Germanischen Sprachperiode; denn sie zeigten sich uns als treue Überlieferung aus dem Asiatischen Mutterlande.

Aber im Sanskrit, könnte man einwenden, bildet das Pronomen, welches uns hier beschäftigt, im Singular-Nominativ Masc. *sas*, mit dem schliefsenden, dem Nominativ charakteristischen *s*, und es liefse sich daraus folgern, dafs beim Griechischen, Gothischen und Alt-Nordischen Artikel die Ermangelung des Nominativzeichens die Folge späterer Abschleifung sey, da die Endlaute am meisten dem zerstörenden Einfluſs der Zeit ausgesetzt sind. Allein es darf nicht übersehen werden, dafs solche Abschleifungen gewöhnlich, wo nicht immer, mehr in Masse und gesetzmäfsig als im Einzelnen und willkührlich statt finden, und wenn der Geist einer Sprache zu irgend einer Periode ihrer Geschichte einen Hafs faſst gegen irgend einen Buchstaben als Schlufspfeiler eines Wortes, so verdrängt er ihn überall, wo er ihn vorfindet, so dafs auch nicht ein einziger übrig bleibt, welcher der Vermuthung Raum liefse, dafs noch andere seines Gleichen da gewesen.

Auf diese Weise hat im Griechischen ein Lautgesetz gegen das τ gewüthet, und es überall ausgerottet, wo es als Endbuchstabe stand, so wichtig und ausgedehnt auch seine grammatische Rolle mufs gewesen seyn, wie sich aus der Vergleichung mit den verwandten Sprachen klar genug zu erkennen gibt. Das Σ hingegen ist stets ein dem Griechischen Ohr befreundeter Endbuchstabe geblieben, und so gerne es in der Mitte, zwischen zwei Vocalen, sich hat verdrängen lassen, so standhaft zeigt es sich am Ende, überall wo die vergleichende Sprachkunde es erwarten läfst.

Wer aber dennoch, blos vom Griechischen ausgehend, zu vermuthen geneigt ist, dafs ὁ ein ursprünglich nachklingendes Σ verloren habe, der wird von dieser Vermuthung leicht abstehen, wenn er berücksichtigt, dafs zwei der verwandten Sprachen, die gleich fest wie das Griechische an der gewohnten Nominativ-Bezeichnung haften, an demselben Pronominalstamm dieselbe Entblöfsung zeigen. Es kann dies schwerlich für ein Spiel des Zufalls angesehen werden; ich vermuthe vielmehr und werde diese Vermuthung mit Gründen unterstützen, dafs auch im Sanskrit für *sas* ursprünglich *sa* gestanden habe, und dafs die Urgestalt im Griechischen, Gothischen und Alt-Nordischen sich treuer erhalten habe, während im Sanskrit, vom Strome der Analogie herbeigetrieben, dem ursprünglich mit dem Stammvocal endenden Nominativ *sa* ein schliefsendes *s*, oder vielmehr sein häufiger Stellvertreter, der Spiritus finalis (:), aber auch dieser nur unter einer sehr beschränkten Bedingung, als Nominativ-Charakter sich beigesellt hat. Dieses *s*, was wichtig ist zu berücksichtigen, wird aber von den Wohllautgesetzen ganz anders behandelt als irgend eines anderen Wortes schliefsendes *s*, denn es fällt vor allen Consonanten ab. So wenigstens mag sich die Sanskrit-Grammatik ausdrücken; die allgemeinere, vergleichende, den ganzen Stamm zusammenfassende Grammatik kann hiermit sich nicht zufrieden geben, diese mufs vielmehr bestreiten, dafs es eine blos euphonische Ursache sey, die das *s* des Wörtchens *sas* viel häufiger verdränge als irgend ein anderes schliefsendes *s*; um so mehr mufs sie dies bestreiten, als bei diesem Pronomen in denjenigen der verwandten Sprachen, die in Übereinstimmung mit dem Sanskrit an die Stelle des radikalen demonstrativen *t* im Nominativ ein *s* oder den verwandten Spiritus asper setzen, der sonst gewöhnliche Nominativ-Charakter niemals angefügt wird. Ich fühle mich also vollkommen berechtigt, in Bezug auf den Nominativ unseres Sanskritischen Pronomens

folgendes Gesetz aufzustellen: Er entbehrt, wie die entsprechenden Formen, im Griechischen, Gothischen und Alt-Nordischen des gewöhnlichen Nominativzeichens, und nur vor einem einzigen Buchstaben, nämlich *a*, und am Ende eines Satzes folgt *sa* der Analogie anderer Nominative, und lautet daher in ersterem Falle *só*, in letzterem *sah*, Formen, die nach den gewöhnlichen Wohllautsregeln aus *sas* sich erklären lassen.

Ich komme nun zur Bestimmung des Grundes, warum mir die uralte Verwechslung des wurzelhaften demonstrativen *t* mit *s*, im Singular-Nominativ, von grofser Wichtigkeit ist, und warum ich auch den Umstand einer besonderen Beachtung werth halte, dafs diese Verwechslung nicht auch auf das Neutrum sich erstreckt, eine Erscheinung, worin ebenfalls die verwandten Sprachen die genaueste Übereinstimmung zeigen, und die also ebenfalls in die Urzeit unseres Sprachstammes zu versetzen ist. Dieser Grund ist kein anderer, als was aus dem bereits Gesagten von selbst einleuchtet, nämlich, dafs in dem Nominativzeichen *s* der wurzelhafte Consonant des hier behandelten Pronomens sich kund gibt, und zwar in einer Gestalt, die so sehr dem Nominativ allein zusagt, so sehr für ihn bestimmt scheint, dafs besagtes Pronomen sein wurzelhaftes *s* nur dem Nominativ zugesteht, in den obliquen Casus dasselbe zu *t* abplattend, oder was dasselbe ist, dafs in unserem Pronomen ein eigener Stamm für den Nominativ, ein eigener für die obliquen Casus sich erzeugt hat. Das schliefsende *s* Sanskritischer, Griechischer, Lateinischer, Gothischer und Littauischer Nominative ist also nichts anderes als ein personifizirendes, lebenreiches Element, gleichsam ein nachgesetzter Artikel, und daher erklärt sich seine Scheu, sich mit dem Artikel selbst zu verbinden, in Sprachen, wo dieser seinen Nominativ von den obliquen Casus schon durch den Stamm auszeichnet. In den Sprachen aber, wo bei unserem Pronomen das Gefühl des Gegensatzes zwischen Nominativ und den obliquen Casus erschwachte, und eine Gleichheit eintrat, dadurch, dafs das wurzelhafte *t* oder *d* der obliquen Casus zum Nominativ drang, da erhielt dieser, nach allgemeiner Analogie, sein gewöhnliches Kennzeichen, damit die Endung aussage, was früher der ganz für den Nominativ geschaffene Stamm durch sich selber beurkundete. So erklärt sich das Alt- Mittel- und Neu-Hochdeutsche der, und im Littauischen,

wo der uralte Demonstrativ-Stamm *ta* sich ohne die geringste Veränderung erhalten hat, und wo auch das Femininum vom Masculinum durch die Verlängerung des Stammvocals unterschieden wird, lautet der Nom. Masc. *tas*, der des Fem *tâ*, und dieser weibliche Nominativ entbehrt, wie das Sanskritische *sâ* (सा), das Gothische *sô* und das Griechische *ἡ*, eines Casuszeichens, was im Sanskrit bei allen Fem. auf *â* der Fall ist. Der Sanskritische Nominativ-Stamm *sa* aber hat im Littauischen eine vollständige Deklination in einem anderen Demonstrativ-Pronomen erhalten, denn es leidet keinen Zweifel, dafs das Littauische *szis* dieser, *szi* diese, mit *sa* (स) oder *sah* (सः) und स zusammenhange, so wie der Griechische Nominativ-Stamm *ὁ* in dem Lateinischen *hic* eine vollständige Deklination erhalten hat. Der Stamm der obliquen Casus mit radikalem *t* hat im Lateinischen nur Derivativa zurückgelassen, wie *tantus, talis, toties* u. s. w., nebst einigen Adverbien mit Accusativ-Endungen, nämlich *tam, tum, tunc*, analog mit *hunc*, die eben so einfach aus unserem Demonstrativ-Stamm sich erklären, wie die Deutschen Adverbia so, dann (mit verstärkter Accusativ-Endung), da und dar, wovon die drei letzten ihre Entstehung aus dem Artikel dadurch verbergen, dafs sie das alte Sanskritisch-Gothische *a* bewahrt haben, was der deklinirte Artikel in das trübe *e* verwandelt hat. Auch ist das Lateinische *iste* hierher zu rechnen, welches ich schon bei einer anderen Gelegenheit als zusammengesetzt erklärt habe.

In dem Umstande, dafs der Nominativ unseres Pronomens in allen verwandten Sprachen, nur im Masculinum und Femininum, nicht aber beim Neutrum, dem wurzelhaften *t* der obliquen Casus ein *s* entgegenstellt, liegt ein neuer und gewichtvoller Beweis, dafs mit diesem wurzelhaften *s* der im Sanskritischen Sprachstamm so allgemein verbreitete Nominativ-Charakter zusammenhange. Denn nur männliche und weibliche Nominative tragen *s* als Merkmal im Sanskrit, niemals das Neutrum; dasselbe gilt von dem Gothischen, und es mufs als eine spätere Entartung angesehen werden, dafs im Griechischen und Lateinischen auch Neutra sich den Charakter *s* anmafsen. Wie wenig aber diese Anmafsung vom Genius der Sprache begünstigt wurde, zeigt ihre kleine Anzahl im Verhältnifs zu denen, welchen das *s* des Masc. und Fem. abgenommen wird. Es scheint also, dafs *s* seiner Natur nach zu personifizirend und belebend ist, als dafs es dem Neutrum, von stumpferer Natur und seiner Urbestimmung nach nur leblosen Gegenständen zukommend,

angemessen wäre. Dem Neutrum geziemt das weniger persönliche, weniger subjektive *t*, sowohl als Stammconsonant unseres Demonstrativs, als auch als Casus-Charakter; beide sind ihrem Ursprunge nach identisch, und das Sanskritische *tat* (oder *tad*) es, dieses, jenes, enthält das neutrale Element, wenn wir es so nennen wollen, zweimal, und bildet so einen doppelten Gegensatz zu dem Masculinum *sas* er, nur dafs das *s* seiner Natur nach lebendiger und so zu sagen, mehr seines Seyns sich bewufst ist, und daher eine Abneigung hat, sich mit sich selbst zu verbinden, und seine ganze Person noch einmal in der Endung abzuspiegeln; denn wie bereits erwiesen scheint, in der ältesten Sprache und im Griechischen, Gothischen und Alt-Nordischen endet der Nominativ Masc. mit dem Stammvocal. Im Gothischen erhält das schliefsende *t* des Neutrums den Zusatz eines *a*, welches aber nicht auf die übrigen Germanischen Mundarten sich erstreckt, daher entspricht dem Gothischen *thata* das Alt-Hochdeutsche *daz* und das Alt-Nordische *that*, welches sich von dem Sanskritischen *tat* nur durch die Aspiration des anfangenden *t* unterscheidet.

Es bedarf kaum der Bemerkung, dafs mit dieser Neutral-Endung *t* das Lateinische *d* in *istud*, *id*, *illud* u. s. w. einerlei Ursprungs sey, und dafs im Griechischen der Artikel und andere Pronomina nur deswegen kein τ oder δ als Endbuchstaben zeigen, weil diese Laute überhaupt niemals am Ende geduldet werden, daher auch das τ der dritten Person der Zeitwörter weichen mufste, wo es nicht von jeher unter dem Schutze eines nachfolgenden Vocals stand, wie in ἐτύπτετ-ο, ἐτύπτοντ-ο, analog dem Sanskritischen *atupat-a*, *atupant-a*, und in dem Dorischen φατί, φαντί, dem Sanskritischen *pâti*, *pânti* entsprechend.

Nur die Pronomina bezeichnen im Sanskrit wie im Lateinischen das Neutrum auf die eben beschriebene Weise. Für Substantive und Adjektive gibt es zwei andere Wege, das Neutrum vom Masculinum zu unterscheiden, und beide stammen aus dem entferntesten Alterthum, da sie sich im Griechischen und Lateinischen wiederfinden. Der ersten Methode ist bereits gedacht worden: sie besteht in der Entfernung jedes Casuszeichens im Nom. und Acc. Sing. so, dafs diese beiden Casus mit der Grundform identisch sind, z. B. *svâdu* süfs, angenehm, im Sanskrit, ἡδύ im Griechischen. Die zweite Methode besteht darin, dafs der Charakter des Accusativs, nämlich *m*, in den Nominativ gezogen und dieser dem Accusativ gleich gestellt wird,

und diese Methode ist im Sanskrit auf Wörter beschränkt, deren Grundform mit kurzem *a* endet, denen im Griechischen und Lateinischen die zweite Deklination entspricht, die *o* und *u* an der Stelle des Sanskritischen *a* haben; man vergleiche daher *punjas*, *punjâ*, *punjam* (पुण्यस्, पुण्या, पुण्यम्) vom Stamme *punja* rein, mit dem Lateinischen *bonus*, *bona*, *bonum*, und mit dem Griechischen ἀγαθός, ή, όν, wo das ältere μ in ν erweicht ist, was am Ende der Wörter immer geschieht.

Wir haben also in der Beschaffenheit des Singular-Nominativs zwischen dem Masculinum und Femininum einerseits, und dem Neutrum andrerseits, zwei Gegensätze wahrgenommen, nämlich *s* gegen *t*, ein Gegensatz, der bei unserem Demonstrativum an Stamm und Endung sich aussprach, und *s* gegen *m* oder *n*, wie *punjas*, *punjam*, पुण्यस्, पुण्यं, *bonus*, *bonum*, ἀγαθός, ἀγαθόν. Es hat sich ferner ergeben, und dies ist wichtig zu beachten, dafs das Neutrum als weniger persönlich und lebendig, mehr objektiver als subjektiver Natur, schon im Nominativ mehr an die obliquen oder objektiven Casus sich anschliefst, und mit dem Accusativ identisch ist. Nun ist es merkwürdig, und wie mich dünkt, über den Ursprung des Accusativzeichens *m* Aufschlufs gebend und zugleich das bekräftigend, was über den Ursprung des Nominativzeichens gesagt worden, dafs, gerade wie bei unserem Pronomen das *s* und *t* als subjektiv und objektiv einander entgegenstehen, in einem anderen Sanskritischen Pronomen dritter Person *s* und *m* sich einander die Spitze bieten, so dafs letzteres in allen obliquen Casus sich vorfindet, ersteres hingegen auf den Nominativ männlichen und weiblichen Geschlechts beschränkt ist. *Asau* (असौ) heifst jener und jene, das *s* aber, obwohl zum Stamme gehörend, ist auch hier nur auf den Nominativ beschränkt, und geht in allen obliquen Casus in *m* über; diese haben nämlich *amu* zum Stamm, mit dessen *u* das *au* von *asau* verwandt ist, denn *au* ist eine regelmäfsige und sehr gewöhnliche Verstärkung (*Wriddhi*) des *u*. Es liegt also der Unterschied zwischen *asau* und *amu* einzig und wesentlich in dem Gegensatz zwischen *s* und *m*, und letzteres, als wesentlichstes Element von *amu*, war wohl dazu geeignet, die grammatische Funktion der Bezeichnung des Accusativs zu übernehmen, als des wichtigsten der obliquen Casus, des wahren Gegensatzes zum Nominativ, zu dem er sich, wie das objektive zum subjektiven, das leidende zum thätigen Prinzip, verhält. Es ist also auch das accusative *m* ein Pronomen, gleichsam ein nachgesetzter Artikel, zur Personifizirung, Belebung

des Gegenstandes, aber in geringerem Grade personifizirend, weniger energisch und lebendig als das *s* des Nominativs, wie sich daraus ergibt, dafs das erwähnte Sanskritische Pronomen sein radikales *m* im Nominativ verschmäht, indem dieser der Fülle seines Lebens nur dann Genüge gethan glaubt, wenn jenes *m* in *s* umgewandelt erscheint.

Hier mag es passend seyn, an den Griechischen Accusativ *μίν*, wovon *νίν* nur eine Abart scheint, zu erinnern, dessen radikales *μ*, ebenfalls objektiver Natur, für den Nominativ unpassend ist, und in demselben nicht vorkommt. Die gewöhnliche Ableitung dieses *μίν* oder *νίν* aus *ἵν* durch ein vorgetretenes *μ* oder *ν* ist unerweislich und an sich unnöthig, da *μίν* in Vergleichung mit *ἵν* alles hat, was dazu berechtigt, ihm einen eignen Stamm zuzugestehen, der eben so wenig als der Sanskritische Stamm *amu*, im Nominativ vorzukommen braucht, oder für denselben passend ist. Auch ist es einer Beachtung werth, dafs noch ein anderes Sanskritisches Pronomen dritter Person, in dessen Deklination mehrere Stämme in einander greifen und sich wechselseitig ergänzen, im Singular-Accusativ *ima* als Stamm zeigt, ohne dafs an diesem Stamme weder der Nominativ, noch irgend ein anderer der obliquen Casus Theil nimmt, so dafs der Accusativ allein des radikalen *m*, als des ihm vorzüglich zukommenden Lebenszeichens, sich bemächtigt hat. Und nur in den beiden Mehrzahlen nimmt auch der Nominativ an diesem Stamme Theil, gerade wie, was besonders merkwürdig ist, bei dem Pronomen, wovon unser Artikel abstammt, die Verwandlung des *t* in *s* nur auf den Singular-Nominativ beschränkt ist, während die Nominative der beiden Mehrzahlen mit dem stumpferen, lebensarmeren *t* sich begnügen müssen, im Sanskritischen sowohl wie im Gothischen, Alt-Nordischen und Angelsächsischen; und auch im Griechischen sind, wie hieraus hervorgeht, die Dorischen Formen *τοί*, *ταί*, als die ursprünglichen anzusehen.

Das oben erwähnte Sanskritische Pronomen *asau*, welches sein *s* in den obliquen Casus durch *m* vertauscht, behält dieses in den beiden Mehrzahlen ebenfalls im Nominatitiv: *amî* heifst *illi*, und *amûs illae*, und im Dual-Nominativ lauten die beiden Geschlechter *amû*. Diese Aufhebung des wurzelhaften Gegensatzes zwischen Nominativ und den obliquen Casus der Mehrzahlen, oder mit anderen Worten, diese Herabsinkung des Nominativs zu der unedleren Stellung der obliquen Casus, erkläre ich aus der Schwächung der Persönlichkeit durch die Verbindung mehrerer Individuen zu einer Viel-

heit, in der die Einheiten untergegangen sind, ohne dafs die daraus erwachsene Gesamtheit so lebendig, concret und persönlich dastehen könnte, wie jedes der Individuen, die in ihr gleichsam sächlich, oder vielmehr nur zu Theilen einer Sache geworden sind. Mit dieser philosophischen Schärfe, die in der Sanskrit-Sprache dadurch sich ausspricht, dafs bei mehreren Pronominen dritter Person nur im Singular der Nominativ von edlerem Stamme ist als die obliquen Casus, steht meines Erachtens auch der Umstand in genauem Zusammenhange, dafs in der gewöhnlichen, nicht pronominalen Deklination, wo das Nominativzeichen *s* auch in den Plural gedrungen ist, neben dem Nominativ zugleich auch der Accusativ an diesem Charakter Theil nimmt (1). Die männlichen Pronomina enthalten sich im Plural sämmtlich des Nominativ-Charakters *s*; von unserem Pronominal-Stamme *ta* kommt *té* sie, diese, jene, und dieses *té* ist = *tai*, da *a* und *i* im Sanskrit in der Regel in *é* zusammengezogen werden. Es entspricht also *té* vollkommen dem Dorischen *τοί* und dem Gothischen *thai*, und derselben Analogie folgen im Griechischen und Lateinischen alle Nominative auf *i*, wie *λόγοι*, *δίκαι*, *romani* aus *romanoi*, und *romanae* aus *romanai*. Keine Sprache trifft aber in dieser Beziehung so genau mit dem Sanskrit zusammen als das Gothische, weil hier die Bezeichnung des Plural-Nominativs durch *i* nur auf männliche Pronomina beschränkt ist, während die weiblichen und alle Substantive Masc. und Fem. wie im Sanskrit ein schliefsendes *s* haben; es ist daher *thai* = *té* (ते) und *thós* = *tás* (तास्). Die Sanskritischen Neutra setzen im Plural der Endung *a*, die dem Griechischen mit dem Lateinischen und Gothischen

(1) Der Nominativ hat die Endung *as*, so dafs in dem vorgesetzten *a* die Unterscheidung von dem Singular liegt, und der Accusativ hat ein blofses *s*, dem zuweilen auch, aber meistens nur da, wo es nothwendig ist, nämlich bei den mit Consonanten endigenden Stämmen, ein *a* als Bindevocal beigegeben wird. *Padas* von *pad* Fufs, entspricht daher den Griechischen Formen *πόδες* und *πόδας*, aber *nadí* Flufs, bildet im Nominativ *nadj-as* und im Accusativ *nadí-s*. Die mit kurzen Vocalen endigenden männlichen Stämme haben *n* als Accusativ-Charakter des Plurals, und der kurze Vocal wird verlängert, z. B. *tán* von unserem Pronominal-Stamme *ta*. Das Gothische hat *ns* als Endung des Accusativs Plur., welches den Indischen Formen auf *n*, wie denen auf *s*, gleich nahe steht, und man könnte nach Grimm's scharfsinniger Vermuthung (Deutsche Gramm. B. 1. S. 827.) annehmen, dafs beide von einer Urform auf *ns* ausgegangen seyen. Man vergleiche *sunu-ns* (*filios*) mit dem gleichbedeutenden *súnú-n* (सूनून्) vom Stamme *súna*, einer Participial-Form von der Wurzel *sú* erzeugen.

gemeinschaftlich ist, ein *i* entgegen, und Stämme, die mit Vocalen enden, schieben ein euphonisches *n* ein, und verlängern die kurzen Vocale des Stammes. Bei dem Griechischen τα ist das ο des Stammes το in dem α der Endung untergegangen; das Gothische Demonstrativ lautet *thô*, welches ich aus *thă-ă* erkläre, weil das lange *o* im Gothischen das lange *a* vertritt, und also natürlich zwei kurze *a*, zu einer Einheit verschmolzen, darzustellen geeignet ist; die entsprechende Sanskritische Form ist *tâ-n-i*, wie *jâ-n-i* (*quae*) aus *ja* und *kâ-n-i* (*quae?*) aus *ka*, *amû-n-i* (*illa*) aus *amu*.

[Gelesen den 25. Mai 1826.]

Der dritte Casus, in der Reihefolge, in welcher die Indischen Grammatiker sie aufstellen, ist der Instrumentalis; er hat im Sanskrit ein langes *a* zu seiner Bezeichnung, und nur die Wörter, deren Stamm mit kurzem *a* endet, setzen, im Widerspruch mit allen übrigen Wörtern, ein kurzes *a* als Instrumental-Charakter; und da sie, wie alle mit Vocalen endigende Stämme, zur schärferen Unterscheidung von Stamm und Endung, deren zusammenstofsende Vocale sonst in einander zerfliefsen müfsten, den Vocalen der Endungen ein euphonisches *n* vorsetzen und das *a* der Grundform gerne in *e* umwandeln: so bildet der Demonstrativ-Stamm *ta* im Instrumentalis des Masc. und Neutr. *téna*. Von dem erweiterten Stamme *tâ* (ता) des Fem. kommt *tajâ* (तया). Was entspricht der Instrumental-Endung *â* in den verwandten Sprachen? Und was läfst sich über ihren Ursprung oder den Grund angeben, warum durch ein antretendes *â* das Verhältnifs durch ausgedrückt wird? Dieses sind die Fragen, auf deren Beantwortung es hier ankommt. Nur die Lettischen und Slawischen Sprachen haben in unserer grofsen Sprachfamilie neben dem Sanskrit einen Instrumentalis aufzuweisen, ohne dafs jedoch seine Form eine Vergleichung mit dem Sanskrit zuläfst, obwohl das Littauische und Slawische in dieser Beziehung unter sich übereinstimmen, und zwar so, dafs ersteres eine vollere, und wie mir scheint, die ältere, letzteres eine abgeschliffenere Form hat.

Da der Lateinische Ablativ ohne Beihülfe einer Präposition einer instrumentalen Bedeutung fähig ist, so könnte man geneigt seyn, in dem lan-

gen *a* des Singular-Ablativs erster Deklination einen Vergleichungspunkt mit dem Sanskrit zu suchen, und diese Vergleichung sogar auf das lange *o* des Ablativs zweiter Deklination auszudehnen, weil wir schon in anderen Fällen ein Sanskritisches langes *â* in den verwandten Sprachen in *ô* übergegangen fanden. Wir fühlen uns jedoch genöthigt, allen Zusammenhang des Lateinischen Ablativs mit dem Indischen Instrumentalis zu läugnen, wenn wir berücksichtigen, dafs der Endvocal des Lateinischen Ablativs nach dem Wechsel des Endvocals des Stammes sich richtet, und wenn wir die Form des Ablativs in Erwägung ziehen, wie sie uns, durch Stein und Erz bewahrt, in den ältesten Denkmälern der Römer-Sprache sich zu erkennen gibt, auf die überraschendste Weise mit dem Sanskritischen Ablativ, wie wir in der Folge zeigen werden, übereinstimmend.

Was aber den Ursprung der Indischen Instrumental-Endung *â* anbelangt, so bietet sich ganz willkommen in der Sprache, welche diese Casus-Endung aufweist, auch eine Präposition zu ihrer Erklärung dar, nämlich *â* (an), welches zwar nur als Präfix gebraucht wird, aber dadurch nicht auf seine Selbstständigkeit Verzicht leistet, auf seine Fähigkeit, für sich etwas zu bedeuten, und als ein bedeutsames Element zur Postposition so gut als zur untrennbaren Präposition geeignet war. Als Postposition mit den Wortstämmen verwachsen, und aufser in solcher Verwachsung mit der Bedeutung durch nicht vorkommend, hat *â* den Charakter einer Casus-Endung angenommen, indem es vor zu leichter Erkennung seiner ursprünglichen Bedeutung gesichert war. Dafs aber an zur Instrumental-Endung, d. h. zur Bezeichnuug des Verhältnisses zwischen Handlungen und dem Werkzeuge, womit, oder den Personen, von welchen sie verübt werden, passend sey, ist einleuchtend, denn wir stellen im Geiste das was geschieht und wodurch es geschieht, zusammen, und das letztere läfst sich als das am ersteren haftende darstellen. So geben wir im Deutschen das Sehen mittelst der Augen, als das Sehen, welches mit den Augen ist, in ihrer Gesellschaft, an ihnen haftend. Auch kann im Sanskrit der Instrumentalis ohne Beihülfe einer isolirten Präposition das Verhältnifs mit ausdrücken, und eben so im Littauischen, dessen Instrumental-Endung *mi* man um so mehr berechtigt ist, für eine ursprünglich mit ausdrückende Postposition zu halten, da den Wörtern, welche eine andere Instrumental-Endung als *mi* haben, wenn sie mit ausdrücken sollen, die Präposition *su* vorgesetzt wird.

Man berücksichtige noch, dafs die Präpositionen ihrem Ursprunge nach sämmtlich Raum-Verhältnisse ausdrücken, das ursächliche, instrumentale aber, da es nicht räumlich, äufserlich, sinnlich ist, um ausgedrückt zu werden, nothwendig als räumlich aufzufassen ist. Im Griechischen werden die Beziehungen der Handlung und der Person, von welcher sie verübt wird, als unter einander dargestellt, durch ὑπὸ; und περί, welches in seiner ursprünglichen Bedeutung um mit dem Sanskritischen *pari* (परि) übereinstimmt, ist im Lateinischen, in der Gestalt von *per*, ursächlich, instrumental geworden. Im Arabischen wird die Präposition بِ (*bi*) bei zur Bezeichnung instrumentaler und causaler Verhältnisse gebraucht, und also das Stofsen mittelst der Hörner, als das bei den Hörnern seyende, an ihnen haftende Stofsen dargestellt, und da بِ auch die Vereinigung mit etwas ausdrückt, so entspricht es in diesen beiden abgeleiteten Bedeutungen ganz dem gewöhnlichen Sinne der Sanskritischen Instrumental-Endung. Alles dieses bestärkt meine Vermuthung, dafs ihr langes *a* mit der Präposition *â* identisch sey, eine Vermuthung, die fast zur Gewifsheit gesteigert wird durch den Umstand, dafs die Instrumental-Endung des Duals und Plurals sich ebenfalls ganz füglich aus einer Präposition, welche an bedeutet, erklären läfst, und zwar aus einer formreicheren, nicht blos aus einem einzigen Vocal bestehenden. आ (*â*) und अभि (*abhi*) sind sich in ihren Bedeutungen völlig gleich, und अभिगच्छति ist dasselbe wie आगच्छति, nämlich *accedit, adgreditur*. Durch Verbindung mit der Ableitungssylbe तस् (*tas*) entsteht अभितस् (*abhitas*) bei, womit vielleicht das Lateinische *apud* verglichen werden dürfte. Das Primitivum अभि kommt nur in Zusammensetzungen vor, und zwar als Präfix, und, wenn meine Ansicht gegründet ist, als Postposition, mit Nominal-Stämmen verwachsen, und den Charakter verschiedener Casus-Endungen annehmend. Da eine andere Präposition, nämlich अपि (*api*) häufig ihren Anfangsvocal verliert, so müssen wir auch unserem *abhi*, wenn es zur Casus-Endung werden, und als solche seine Identität mit dem Präfix *abhi* scheinbar verläugnen soll, das Recht zugestehen, durch eine ähnliche Abwerfung sich zu vereinfachen, ungefähr wie अस् (*as*) die Wurzel des Verbum substantivum, wann sie mit attributiven Wurzeln in gewissen Tempora zu einem gemeinschaftlichen Ganzen sich verbindet, ihren Stammvocal abwirft.

Es bleibt uns also von der Präposition *abhi* blos *bhi*, woraus ich verschiedene Casus-Endungen erkläre, da *bhi*, zur Casus-Endung werdend,

wiederum selber seine Endungen hat, indem es gleichsam deklinirt wird, nach Verschiedenheit des Numerus und der Casus, die es bezeichnen soll. So durchläuft *bhi* die Formen *bhjam*, *bhjám*, *bhis* und *bhjas*. Ohne Zuwachs am Ende, aber mit Ablegung der Aspiration, erscheint *bi* blos im Lateinischen, als Dativ-Charakter, in *tibi*, *sibi*, und mit locativer Bedeutung in *ibi* und *ubi*. Im Sanskrit nimmt *bhi*, wenn es den Singular-Dativ bezeichnen soll, die Nachschlagsylbe *am* an, dessen Vocal die Verwandlung von *i* in *j* nothwendig macht; *bhjam* ist aber auf das einzige *tubhjam* dir beschränkt — aus *tu-bhi-am*. Es ist aber nicht wahrscheinlich, dafs *bhjam* niemals einem anderen Wortstamme als dem Pronomen der zweiten Person sich angeschlossen habe (1), und gewissermafsen nur für dieses von der Sprache erzeugt worden sey, da doch das entsprechende *bi* im Lateinischen wenigstens über vier Pronominal-Stämme sich erstreckt, und nicht blos in diesem einzigen Falle das Lateinische alte grammatische Formen treuer als das Sanskrit aufbewahrt hat, wie wir in der Folge durch ein neues Beispiel bestätigen werden.

Durch Verlängerung des vorletzten *a* wird *bhjam* von dem Singular in den Dual versetzt, in welchem es den Instrumentalis, Dativ und Ablativ bezeichnet. Von unserem Pronominal-Stamme *ta* kommt तााभ्याम् (*tábhjám*), welches den drei Geschlechtern angehört. Durch Ansetzung eines schliefsenden *s* wird *bhi* zur Instrumental-Endung des Plurals, und kommt als solche an allen Wortstämmen vor, ihr Endbuchstabe mag Consonant oder Vocal seyn; nur das kurze *a* will sich mit der Endung भिस् (*bhis*) nicht vereinigen, es ist aber schwer zu glauben, dafs die Sanskrit-Sprache für den Instrumentalis des Plurals zwei von einander unabhängige Endungen erzeugt habe, die eine zur Verbindung mit dem kurzen *a*, und die andere für alle übrigen Buchstaben des Alphabets. Ich vermuthe, dafs die vorherrschende Endung *bhis* ursprünglich die einzige gewesen, und dafs तैस् (*tais*) von unserem Pronominal-Stamme *ta*, dessen Femininum ताभिस् (*tá-bhis*) lautet, aus *tabhis* oder einer ähnlichen erloschenen Form entstanden sey (2), durch eine Ausstofsung

(1) Offenbar ist es wenigstens, dafs die Sylbe *hjam* von *ma-hjam* mir aus *bhjam* entstanden, indem von dem aspirirten *b* blos der Hauch zurückblieb.

(2) Am besten erklärt es sich aus *tábhis* mit langem *a*, weil der Diphthong *ai* (*é*) die Verschmelzung eines langen *a* mit *i* ist, wie daraus erhellt, dafs er sich vor Vocalen in *áj* auflöst.

des *bh*, welches an die Verdrängung des Griechischen Digamma erinnert, und an den Übergang des Lateinischen *bus* in *is*, bei der ersten und zweiten Deklination, wobei jedoch das Lateinische vor dem Sanskrit den Vorzug behauptet, dafs es die Urform nicht ganz hat untergehen lassen, und statt mit Schneider (Formenlehre S. 68.) die auf Inschriften vorkommenden Formen *dübus*, *dibus*, *filiibus*, Abschweifungen in die dritte Deklination zu nennen, möchten wir lieber die herrschend gewordenen Formen *düs*, *filiis*, Abschweifungen aus der primitiven Deklination genannt wissen, von der die dritte weniger als die beiden ersten sich entfernt hat.

Merkwürdig ist die Übereinstimmung der Griechischen Dative τοῖς und ταῖς mit dem Sanskritischen oben genannten *tais*, denn da selbst das Sanskrit im Dual eine gemeinschaftliche Endung für Dativ und Instrumentalis hat, und der Griechische Dativ ohne Beihülfe einer Präposition auch instrumentaler Bedeutung fähig ist, so kann es nicht unpassend scheinen, beide Casus mit einander zu vergleichen. Wir wollen aber aus der Übereinstimmung der genannten Sanskritischen und Griechischen Formen nicht den Schlufs ziehen, dafs तैस् (*tais*) schon in der Asiatischen Ursprache bestanden habe, bevor diese, durch Auswanderung, in verschiedene Schwester-Sprachen sich zertheilt hatte; denn in dem Griechischen τοῖς und ταῖς gehören die Vocale *o* und *α* zum Stamme, und die Endung ις hängt mit dem Lateinischen *is* von *filiis* zusammen, wovon es einleuchtend ist, dafs es aus *filibus* und *filiabus* entstanden sey, durch keine kühnere Zusammenziehung als die, welche *mavolo* in *malo* umgestaltet hat. Wir werden also auch τοῖς und ταῖς und alle ähnliche Griechische Dative als sekundäre Formen ansehen müssen, die im Griechischen sich entwickelt haben, wie im Sanskrit *tais* aus einem vorausgesetzten *tabhis*, und im Lateinischen *filiis* aus *filibus* und *filiabus*.

Unter den vielen von Homer gebrauchten Formen des Plural-Dativs, deren Reihefolge, in Bezug auf ihr Alter, man aus dem Griechischen allein zu bestimmen nicht im Stande ist, werden wir hier mit Recht ein besonderes Gewicht auf diejenigen Formen legen, und sie für die ältesten ansehen müssen, welche am genauesten mit dem Sanskrit übereinstimmen. Die Ähnlichkeit der Endung φι oder φιν mit *bhi*, woraus wir im Sanskrit Dativ- und Instrumental-Formen sich entwickeln sahen, ist auffallend, um so mehr, da भ (*bh*) im Griechischen in der Regel in der Gestalt von φ sich zeigt. —

Nimmt man φιν und nicht φι als die älteste von beiden Formen an, so möchten wir die Vermuthung aufstellen, dafs es aus φις entstanden sey, nach Analogie der Verwandlung von μες in μεν, in der ersten Plural-Person, welche dem Sanskritischen *nas* und dem Lateinischen *mus* entspricht; φις würde dem Sanskritischen *bhis* und dem Lateinischen *bis* von *nobis*, *vobis* entsprechen. Vielleicht auch bestand zwischen φι und φιν, welche wir rücksichtslos für Singular und Plural gebraucht finden, ursprünglich ein Unterschied, dafs etwa ersteres dem Singular, letzteres dem Plural angehörte, dafs sie sich also zu einander verhielten, wie im Lateinischen *bi* zu *bis* in *tibi* und *vobis*, und wie im Littauischen *mi* zu *mis* in *akimi* mit dem Auge, und *akimis* mit den Augen. Dafs die Endungen φι und φιν vorzüglich dem Dativ angehören, ist anerkannt, ihre Übertragung in den Genitiv müssen wir gelten lassen; dafs aber dieser Casus nicht auf φι und φιν, als auf seine ursprüngliche Endung, Anspruch zu machen hat, erhellt daraus, dafs das Alter des eigentlichen Griechischen Genitivs, sowohl der einfachen wie der Mehrzahl, durch die vollkommenste Übereinstimmung mit den gleichbedeutenden Endungen im Sanskrit gesichert ist. Was den Gebrauch der Endung φι, φιν im Accusativ, und die Meinung der alten Grammatiker anbelangt, dafs sie für alle Casus, sogar für den Nominativ und Vocativ, stehen könne, so berufe ich mich hier auf das, was Buttmann sehr gegründet gegen diese Ansicht eingewendet hat (Ausf. Sprachl. S. 205.). Dafs φι mit locativer Bedeutung vorkommt, wie in αὐτόφι, und in diesem Falle, weil der Griechischen Deklination der Locativ fehlt, für adverbialisch gehalten werden kann, steht unserer Ansicht, dafs es eigentlich dem Dativ angehöre, nicht entgegen; es hat in dieser Beziehung dasselbe Schicksal mit dem ihm verwandten *bi* im Lateinischen, welches den Dativ bildet in *tibi*, *sibi*, und den Locativ oder Adverbia in *ubi*, *ibi*.

Das Σ, welches der Endung φι oder φιν vorgesetzt werden kann, läfst sich als euphonische Einschiebung ansehen, da auch in anderen der verwandten Sprachen *s* gerne auf eine ähnliche Weise als ein Verbindungslaut gebraucht wird, indem es gewissen Consonanten, zu denen es eine besondere Neigung hat, als euphonischer Vermittler beigegeben wird. Es ist passend, hier daran zu erinnern, dafs im Sanskrit selbst zwei von einander ganz unabhängige Wörter, durch Dazwischenschiebung eines euphonischen *s* zusammengezogen, in der Aussprache zu einem Ganzen verschmolzen

werden. Es zeigt sich in dieser Sprache das *s* besonders dem *t* befreundet, und wird demselben als Anfangsbuchstabe eines Wortes vorgesetzt, aber nicht ohne Beschränkung, sondern nur wenn das vorhergehende Wort mit *n* endet; es entsteht daher z. B. आसंस्तत्र (*âsanstatra*) sie waren dort aus *âsan* (ἦσαν) und *tatra*. Auch dem *k* wird, jedoch seltener, ein euphonisches *s* vorgesetzt; die Präposition सम् (*sam*) mit und कृत (*krita*) gemacht bilden daher संस्कृत (*sanskrita*) vollkommen, geziert, die Sanskritische Sprache; कान् (*kân*) *quos* (als Interrogativ) bildet स्कान् (*skân*), wenn dasselbe Wort vorhergeht. Was aber unserer vorliegenden euphonischen Einschiebung am meisten entspricht, ist, dafs auch dem Tenuis des Griechischen φ im Sanskrit ein euphonisches *s* vorgesetzt wird, denn z. B. पाति (*pâti*) er beherrscht, प्रीयते (*prîjatê*) er liebt, werden स्पाति (*spâti*) und स्प्रीयते (*sprîjatê*), wenn नॄन् (*nrîn*) *viros* vorhergeht. Zu der Einschiebung eines euphonischen *s* vor *t*, *k* und *p* stimmt auch das Lateinische, wo gerade vor den entsprechenden Lauten, das *k* mag durch *c* oder *qu* ausgedrückt werden, ein euphonisches *s* eingeschoben wird, wenn die Präpositionen *ab*, *ob* und *sub* als Präfixe vorhergehen, welche im Lateinischen in so genauem euphonischen Verhältnifs zu dem folgenden Worte stehen, wie im Sanskrit jeder Endbuchstabe zu dem Anfangslaut irgend eines folgenden Wortes; daher die Assimilationen und die Einschiebung des euphonischen *s*. Präpositionen, wie *abs*, *obs* und *subs* aufzustellen, scheint mir eben so unpassend, als wenn man im Sanskrit dritte Pluralpersonen, wie आसंस् (*âsans*), annehmen wollte. In *abstraho* hat wenigstens *traho* eben so grofsen Anspruch auf das *s* als *ab*, und es wäre nicht unpassender, neben *traho* ein *straho* anzunehmen, als neben *ab* eine Präposition *abs*. Die eingeführte orthographische Gewohnheit, in Fällen, wo *ab* getrennt steht, das vor *t* oder *q* einzuschiebende *s* dem *ab* zuzuschreiben, beweist durchaus nicht, dafs es der Praeposition mehr als dem folgenden Worte angehöre, sondern nur, dafs dieses die Meinung derjenigen sey, welche diese Schreibart eingeführt haben; am besten würde man in solchen Fällen die Präposition mit dem folgenden Worte verbunden haben; auch pflegen diejenigen, welche im Sanskrit gegen die Gewohnheit der Handschriften, nach bestimmten Grundsätzen die Wörter trennen, Wörter wie *âsanstatra* sie waren dort, nicht abzusondern, denn das *s* ist hier gleichsam der Kitt, welcher beide zusammenstofsende Wörter zu einem Ganzen verbindet.

Die vierte Casus-Endung, welche im Sanskrit aus der Präposition *bhi* sich entwickelt, entsteht durch die Beifügung der Sylbe *as*, und *bhjas*, welchem das Lateinische *bus* entspricht, steht als Endung des Dativs und Ablativs Pluralis an allen deklinationsfähigen Wörtern, und verhält sich zu dem Stamme *bhi*, woraus es gebildet ist, gerade wie das Suffix तस् (*tas*), welches sehr häufig in dem Sinne einer Ablativ-Endung gebraucht wird, und dem Lateinischen *tus* in *coelitus* entspricht, zu dem bloſsen *t*, welches der gewöhnliche Ablativ-Charakter ist. Unser Pronominal-Stamm *ta* bildet im Dativ und Ablativ Plur. des Masc. und Neutr. तेभ्यस् (*tê-bhjas*) und im Fem. ताभ्यस् (*tâ-bhjas*).

Der vierte Casus der Sanskritischen Deklination ist der Dativ. Sein Charakter ist im Singular *é*; da aber das *é* eine regelmäſsige Umwandlung des *i* ist, die in der Formenbildung auſserordentlich häufig vorkommt, ohne jemals eine Veränderung der Bedeutung hervorzubringen, so könnte man mit Recht vermuthen, der Dativ und Locativ, dessen Charakter im Singular *i* ist, seyen ursprünglich identisch, und die Unterscheidung beider Casus durch eine kleine Modifikation der Form, sey ein Ereigniſs späterer Zeit. Auch wird der Locativ im Sanskrit sehr häufig im Sinne des Dativs gebraucht, so wie im Gegentheil das Griechische dem Dativ nicht selten locative Bedeutung beilegt (Δωδῶνι, Μαραθῶνι, Σαλαμῖνι, οἴκοι), wie bei Zeitbestimmungen, z. B. τῇ τρίτῃ ἡμέρᾳ, was man in das Sanskrit durch den Locativ तृतीये दिवसे (*tritîjé divasé*) übertragen müſste. Daſs der Griechische und Lateinische Dativ mit dem Sanskritischen Locativ identisch sey, bedarf keiner Bemerkung; daſs aber auch der Lateinische Genitiv erster und zweiter Deklination einerlei Ursprung wie einerlei Endung mit dem Sanskritischen Locativ habe, hierauf hat Herr Dr. Rosen zuerst aufmerksam gemacht, und seine, wie mir scheint, ganz richtige Ansicht dadurch zu begründen gesucht, daſs der Genitiv noch mit locativer Bedeutung vorkommt, aber nur insofern er *i* zu seinem Charakter hat, dieses *i* mag nun frei stehen oder mit dem vorhergehenden *a* der Grundform in *ae* verwachsen seyn, wofür jedoch die ältere Schreibart *ai* ist. Schwerlich dürfte man es für eine zufällige Erscheinung oder für eine zwecklose Unterscheidung ansehen, daſs nur im Singular der ersten und zweiten Deklination der Genitiv als Locativ bei Städte-Namen stehen könne, und niemals im Plural, oder im Singular, wenn sein Genitiv mit dem ihm eigenthümlichen, auch im Sanskrit üblichen Charakter

s endet, und dafs man *humi* und *domi* sage, von *rus* aber das Verhältnifs wo nicht durch *ruris*, sondern *ruri* ausdrücke. Auch würde man gewifs mit Unrecht der Form *mensae* einen anderen Ursprung zuschreiben, wo sie als Genitiv, einen anderen, wo sie als Dativ steht, denn der Umstand, dafs in der alten Sprache die Genitive der Wortstämme auf *a* mit *s* endeten, wie *terras*, *escas* u. s. w., nöthigt keineswegs zu der Annahme, dafs aus der Sylbe *as* sich der Ausgang *ae* der späteren Sprache entwickelt habe, da nichts der durch obige Gründe begünstigten Annahme im Wege steht, dafs, nachdem die wahre Genitiv-Endung erloschen war, die Dativ-Endung, welcher, ihrem Ursprunge nach, auch locative Bedeutung zukommt, sich dem Genitiv mitgetheilt habe.

Bei der zweiten Deklination ist, wie bei der ersten, der Charakter des Dativs in den Genitiv übergetreten, nur findet hier die unwesentliche Unterscheidung statt, dafs, während im Dativ die alte Sprache den Endvocal der Grundform, nämlich *o* für *u*, vor dem Dativ-Charakter *i* beibehält und *populoi romanoi* sagt, im Genitiv der Vocal der Grundform in dem der Endung untergeht, wie vor den Plural-Endungen *i* und *is*, wo jedoch die älteste Sprache den Endvocal der Grundform in der Gestalt von *o* ebenfalls beibehält. Die Verwandtschaft der Lateinischen Genitive auf *i* mit dem Sanskritischen Locativ zeigt sich sehr deutlich bei den Pronominen erster und zweiter Person, indem *mei* mit मयि (*maji*) in mir, welches euphonisch für *mê-i* steht, identisch ist, und *tui* mit *twaji* (aus *twê-i*) in dir, übereinstimmt.

Von unserem Demonstrativ-Stamme *ta* lautet der Singular-Dativ des männlichen und sächlichen Geschlechtes तस्मै (*ta-smai*) aus *ta-sma-ê*, und *sma* ist, wie bereits anderswo bemerkt worden, eine Einschiebungs-Sylbe, welche bei den Pronominen erster und zweiter Person in allen obliquen Casus des Plurals und bei den übrigen Pronominen im Dativ und in einigen anderen Casus des Singulars zwischen Stamm und Casus-Endung eingeschoben wird, und welche über den Gothischen Pronominal-Dativ Aufschlufs gibt, wo der gewöhnlichen Dativ-Endung *a* ein doppeltes *m* vorhergeht; es steht daher mit dem Sanskritischen *ta-smai* im nächsten Zusammenhang das Gothische *thamma*, dessen erstes *m* wir aus *s* auf dem Wege der Assimilation entstehen lassen. Im Femininum scheint der Dativ und die folgenden Casus des Singulars bei den Sanskritischen Pronominen dritter Person aus

dem Genitiv des Masc. sich zu entwickeln, so dafs aus *ta-sja ejus, hujus*, im Fem. der Dativ *ta-sjai*, der Genitiv und Ablativ *ta-sjâs*, und der Locativ *ta-sjâm* sich entwickeln, durch Ansetzung der gewöhnlichen Casus-Endungen des Fem. an den Genitiv des Masc. In dieser Ansicht werde ich dadurch bestärkt, dafs auch bei den Gothischen Pronominen dritter Person der Singular seinen Genitiv und Dativ aus dem Genitiv des Masc. zu entwickeln scheint, so dafs dieser gleichsam zum Stamme wird, an welchen die dem Genitiv und Dativ Fem. charakteristischen Casus-Endungen sich anschliefsen, daher *thiz-ôs* und *thiz-ai* aus *this*.

Wenn wir dem Ursprung des *i* nachforschen, welches im Sanskritischen Locativ steht, im Dativ aber nach obiger Erklärung in seiner sehr gewöhnlichen Erweiterung in *é* sich zeigt, so drängt sich uns zunächst der oben erwähnte über mehrere Casus und mehrere der verwandten Sprachen verbreitete Präpositions-Stamm *bhi* auf.

Durch eine ähnliche Ausstofsung, wie die, welche das Griechische Digamma so häufig erfahren hat, und welche aller Wahrscheinlichkeit nach im Instrumentalis Plur. *tais* aus *ta-bhis* oder *tâ-bhis* erzeugt hat, konnte von *bhi* das aspirirte *b* losgerissen werden, so dafs in dem erhaltenen Zustande des Sanskrits nur *i* als Casus-Charakter zurückblieb. Geschah diese Ausstofsung in der Zeit, wo alle die verwandten Sprachen noch in Einer Ursprache vereinigt lagen, so bedarf es keiner weiteren Erklärung für das dative *i* des Griechischen und Lateinischen; geschah die Ausstofsung nach der durch auswandernde Colonien veranlafsten Spaltung der Sprache, so läfst sich im Lateinischen das *i* eben so gut aus *bi*, und im Griechischen aus φι erklären, so dafs aus einer übereinstimmenden Urform sich gleiche Entartungen erzeugt hätten.

Bei den Pronominen dritter Person lautet die Locativ-Endung des Singulars *in* statt *i*, daher kommt *tasmin* von unserem Demonstrativ-Stamme *ta*. Von dieser Endung *in* müfste man, nach ihrem muthmafslichen Ursprung, *bhin* als die Urform annehmen, und es bleibt zweifelhaft, ob das *n* als ein späterer, nur bei den Pronominen sich äufsernder, verstärkender Zusatz erklärt werden müsse, oder ob man an dem *i* der übrigen Wörter den Abfall eines *n* anzunehmen habe. Obwohl die Pronomina gerne die ältesten Formen aufbewahren, so streitet doch, in Bezug auf dieses *n*, Pronomen gegen Pronomen, da die erste und zweite Person das blofse *i* in

Schutz nehmen. Merkwürdig bleibt aber die Übereinstimmung, welche in mehreren der verwandten Sprachen eine gleichbedeutende Präposition mit der pronominalen Locativ-Endung *in* zeigt (1).

[Gelesen am 21. December 1826.]

Zur Bezeichnung des Verhältnisses woher dient im Sanskrit der fünfte Casus, nämlich der Ablativ, welcher sich von dem Lateinischen Ablativ wesentlich und vortheilhaft dadurch unterscheidet, dafs er in seiner Bedeutung enger begränzt, und somit für sich verständlicher ist, auch nicht der Begleitung von Präpositionen bedarf, während der Lateinische, die entgegengesetztesten Bedeutungen in sich vereinigend, zugleich das wo und woher, und aufserdem das instrumentale Verhältnifs wodurch zu bezeichnen fähig ist, aber eben wegen dieser Vieldeutigkeit meistens der näheren Bestimmungen durch Präpositionen bedarf. Der Ablativ ist im Sanskrit der Gegensatz des Accusativs, und bezeichnet den Ort, wovon eine Bewegung ausgeht, wie dieser das Ziel ausdrückt, wohin die Bewegung oder was als Bewegung gedacht wird, die Wirkung einer Handlung gerichtet ist. Die Städte-Namen haben sich im Lateinischen auf dem Standpunkte der älteren Grammatik behauptet, und an ihnen wurde die Kraft der Casus-Endungen noch zu lebhaft gefühlt, als dafs sie sich einer unnützen Überladung mit Präpositionen konnten gefallen lassen. Aufserdem begegnen sich noch der Lateinische und Indische Ablativ in Construktionen mit Comparativen, und hier steht der Ablativ des übertroffenen Gegenstandes ganz an seinem Platze, und es ist nicht nöthig, sich ein ausgelassenes *prae* hinzuzudenken und den Abl. davon regieren zu lassen; denn in dem Mafse, um welches ein Gegenstand gröfser oder besser ist als ein anderer, entfernt er sich von demselben, und die Entfernung von einem Orte auszudrücken, ist des Ablativs älteste Bestimmung. Im Hebräischen, dem es an einer Comparativ-Form gebricht, erhält jedes Adjektiv comparative Bedeutung, wenn dem übertroffenen

(1) Im Sanskrit gibt es keine Präposition, welche in bedeutet, auch war sie überflüssig, sobald sich eine ihre Bedeutung übernehmende Casus-Endung entwickelt hatte.

Gegenstand die Präposition *min* von, vorgesetzt wird, und sogar im Sanskrit können Positive durch einen beigefügten Ablativ comparative Bedeutung annehmen (¹); beides ist natürlich, denn wer grofs ist, von einem anderen an gerechnet, ist gröfser als dieser. Ganz im Einklange mit seiner primitiven Bestimmung steht auch im Lateinischen, bei Dichtern, der Ablativ nach Participien, um das Verhältnifs aus, woher auszudrücken, wie *deo natus*, *ovo prognatus eodem*, wo man im Sanskrit ebenfalls den Ablativ setzen würde.

Da die Ursache, warum etwas geschieht, als der Ort angesehen werden kann, wovon eine Handlung ausgeht, so steht der Indische Ablativ, ohne aus seiner Urbestimmung herauszutreten, auch zur Bezeichnung einer Ursache. Der Ablativ trifft in diesem Falle in seiner Bedeutung mit dem Instrumentalis zusammen, der dasselbe Verhältnifs zu bezeichnen fähig ist, weil die Ursache auch als das Werkzeug der Vollbringung angesehen werden kann; es ist daher *téna* gleichbedeutend mit *tasmât*. Es wäre ein natürlicher und leicht zu begreifender Übergang, wenn überhaupt jedes instrumentale Verhältnifs durch den Ablativ bezeichnet würde, da der das Verhältnifs aus oder woher bezeichnende Ablativ zur Vertretung des Instrumentalis eben so geeignet, als ein primitiver Instrumental unpassend ist zur Bezeichnung des wahren Ablativ-Verhältnisses. Die Sanskrit-Sprache hat aber in ihrem bewunderungswürdigen Form-Reichthum für eine besondere Instrumental-Endung gesorgt, die zwar nicht selten durch den Genitiv ersetzt wird, aber, so viel ich weifs, niemals durch den in Bezug auf die Bedeutung viel näher liegenden Ablativ. Denn wenn z. B. der von Râwanas verübte Tod so dargestellt wird, dafs Râwanas im Ablativ gleichsam den Ort bezeichnet, wovon der Tod, wie ein sinnlicher Gegenstand, ausgegangen ist, so steht der Ablativ hier an seiner rechten Stelle, und sogar besser als der energischere Instrumentalis, der eine Handlung verlangt, die von ihm verübt werde, und nicht einen Gegenstand, der von ihm ausgehe.

Wenn es die eigentliche Bestimmung der Casusendungen ist, die grammatischen Funktionen der Praepositionen zu übernehmen, und wenn die äufserlichen, räumlichen Beziehungen diejenigen sind, für deren Bezeichnung die Sprache zuerst gesorgt haben mufs, so darf der Ablativ, in dem

(¹) S. Anmerkung 12. zu *des Bramahnen Wehklage*.

Sinne, wie er im Sanskrit gebraucht wird, mit Recht als einer der ältesten und natürlichsten Casus angesehen werden. Aber merkwürdig ist es, dafs unter den mit dem Sanskrit verglichenen Sprachen die Lateinische die einzige ist, welche eine selbstständige Flexion für diesen Casus bewahrt hat, obwohl mit so veränderter und verschiedenartiger Bedeutung, dafs sie am gewöhnlichsten den Instrumentalis oder Locativ bezeichnet, während sie nur selten dazu dient, ihrer Urbestimmung gemäfs, ohne Präposition, die Entfernung von einem Orte auszudrücken. Wegen der Seltenheit der Sprachen, die dem Ablativ eine besondere Endung anweisen, und wegen der Vermengung heterogener Begriffe und der Zurückdrängung der Grundbedeutung im Lateinischen Ablativ, ist es natürlich, dafs die Definitionen, die man von diesem Casus gewöhnlich aufstellt, seine Urbedeutung mehr ausschliefsen als in das Licht setzen. Im Griechischen sucht man den Ablativ gewöhnlich in dem Dativ, der zwar sehr in das Gebiet des Lateinischen Ablativs eingreift, aber doch nur da, wo dieser die Gränzen seiner ursprünglichen Bestimmung überschritten hat. Den Sanskritischen Ablativ erreicht der Griechische Dativ nur in Stellen, wie φόβῳ oder ἐννοίᾳ πράττειν τί, wo im Sanskrit der Ablativ von dem Gesichtspunkt ausgeht, dafs die Ursache gleichsam als Ort aufgefafst wird, wovon die in der Handlung liegende Bewegung ausgeht, während im Griechischen φόβῳ und ἐννοίᾳ als die Werkzeuge, welche die Handlung hervorbringen, dargestellt werden. Nach Herrmann ist es die Bestimmung des Ablativs, die Ursache, und die des Dativs, die Wirkung zu bezeichnen, und er betrachtet es als einen Überrest der rohen, noch nicht hinlänglich ausgebildeten Sprache, dafs das Wirkende und das Hervorgebrachte durch dieselbe Flexion bezeichnet wird. Im Lateinischen soll, seiner Meinung nach, erst in späterer Zeit beim Sing. einiger Deklinationen diesem Übelstande abgeholfen worden seyn. Dagegen liefse sich bemerken, dafs gerade in der ältesten Zeit, wie uns die Inschriften belehren, der Lateinische Singular-Ablativ am schärfsten vom Dativ unterschieden ward, und zwar durch eine Endung, für deren Alter uns die auffallendste Übereinstimmung mit dem Sanskritischen Ablativ bürgt.

Im Sanskrit wird der Ablativ Singularis bei Wörtern auf *a* und bei allen Pronominen mit *t* bezeichnet; man könnte aber auch *d* als den ursprünglichen Ablativ-Charakter annehmen, weil harte und weiche End-Consonanten nur nach bestimmten Wohllauts-Gesetzen einander Platz

machen, so dafs man bei beugungsfähigen Wörtern nur da, wo sich Endungen anschliefsen, sehen kann, ob die Stammform ursprünglich mit einem harten oder weichen Consonanten ende. Bei Endbuchstaben grammatischer Formen fällt dieses Mittel, ihre ursprüngliche Gestalt kennen zu lernen, weg, es sey denn, dafs aus einer grammatischen Form durch irgend einen charakteristischen Zusatz eine neue Form sich entwickele, wie wenn aus *axipat* (अक्षिपत्) er warf, durch Beifügung eines *a*, das Medium *axipata* entsteht. Man mag aber *t* oder *d* für den wahren Charakter des Indischen Ablativs ansehen, so ist das enge Band nicht zu verkennen, wodurch an denselben der Lateinische Ablativ sich anschliefst, wenn man die Gestalt berücksichtigt, in welcher er sich in den beiden wichtigsten Denkmälern der alten Sprache auf der *Columna rostrata* und in dem *Senatus consultum de Bachanalibus* bei jeder Gelegenheit zeigt. Nur die Unterschrift des letzteren: „*In agro Teurano*," macht eine Ausnahme, weshalb sie mir auch verdächtig ist, da sonst jeder Singular-Ablativ dieser beiden Inschriften, ohne Unterschied der Deklination, mit *d* endet, z. B. *praesented sumod dictatored, navaled praedad, pro magistratud.* Es ist in der That auffallend, dafs den alten Grammatikern dieses *d* in seiner ablativen Bedeutung so ganz entgangen ist, indem sie es blos als einen Zusatz ansehen, welchen nach Quintilian, der auf die *Columna rostrata* verweist, die alten Lateiner den meisten Wörtern beigefügt haben sollen. Auch begnügt sich noch Schneider mit dieser von den Alten gegebenen Belehrung, indem er von einem *d* ἐφελκυστικὸν oder *paragogicum* spricht, von dem er nicht einmal erwähnt, dafs er am Ablativ vorzüglich seine Stelle finde, obwohl schon Adelung in seinem Mithridates auf die alten Ablative auf *d* aufmerksam macht, in denen er, mit welchem Recht, mag hier unentschieden bleiben, eine ächt Keltische Form erkennt.

Die Formen, welche aufser den anerkannten Ablativen, in den ältesten Inschriften ein der späteren Sprache fehlendes *d* zeigen, sind nicht so häufig als dafs dessen Bedeutung als Ablativ-Charakter dadurch verdunkelt, und die Annahme eines von der alten Sprache dem Schlusse der Wörter gesetzlos beigefügten *d* im geringsten begünstigt werden könnte; doch mag es zweckmäfsig seyn, diese Formen in nähere Betrachtung zu ziehen, um zu sehen, welche von ihnen etwa noch in die Reihe der Ablative gestellt werden dürften. Die Präpositionen *extra* und *supra* sind, so oft sie

in dem *S. C. de Bachan.* vorkommen, mit einem schliefsenden *d* versehen; *exstrad* erscheint zweimal und *suprad* dreimal. Auf der *C. R.* kommen diese Präpositionen nicht vor, die sich aber leicht als weibliche Ablative werden darstellen lassen von *extera* und *supera*, mit ausgestofsenem *e*, und mit locativer Bedeutung, wie sie dem Ablativ im Lateinischen zusagt. Es verdient hierbei bemerkt zu werden, dafs im Sanskrit nicht selten Substantive, welche einen Ort anzeigen, im Locativ die Stelle einer Präposition vertreten, wenn es darauf ankommt, ein räumliches Verhältnifs, genauer als die Casus-Endungen zu thun im Stande sind, zu bestimmen; so werden *samîpé* und *antiké* in der Nähe für bei, und *agré* an der Spitze für vor gebraucht. Auch gibt es im Sanskrit einige Präpositionen, die mit *exstrad* und *suprad* insofern übereinstimmen, als sie, vermittelst eines Ableitungs-Suffixes, von primitiven Praepositionen abstammen, und ebenfalls den Ablativ-Charakter an sich tragen, der aber mit adverbialischer Überschreitung seiner Grundbedeutung mehr im Sinne eines Locativs steht, wie *adhastât* unter oder adverbialisch unten, *purastât* vor oder vorn. Von diesen Ableitungen aus den gleichbedeutenden *adhas* und *puras* ist weder der Nominativ noch irgend ein anderer Casus, aufser dem Ablativ, im Gebrauch, dagegen hat *adharât* unten oder unter von *adhara-s* der untere, eine vollständige Deklination.

Wenn man in Erwägung zieht, dafs das Indische *a* im Lateinischen häufig in der Gestalt von *i* erscheint, und dafs selbst das Lateinische *a* unter gewissen Bedingungen einem *i* Platz macht, und wenn man ferner berücksichtigt, dafs das Indische privative *a* im Lateinischen die Form *in* angenommen hat, so wird man leicht in *inferus* das Sanskritische gleichbedeutende *adharas* wieder erkennen, so wie *infimus* an *adhamas* sich anschliefst. Die Verwechslung des *dh* mit *f* kann keinen Anstofs geben, da diese leicht begreifliche Vertauschung nicht verhindert, das Indische *dhûmas* (धूमस्) Rauch in dem Lateinischen *fumus* wieder zu erkennen, und das Lateinische *firmus* vielleicht mit *dhîras* fest, wovon *dhairjam* die Festigkeit, einerlei Ursprungs ist. Wenig befriedigendes hat für mich die Erklärung von *infer*, *inferus* und *infera*, aus *in* und *fer* von *fero*, welche vor kurzem Herr Lish in einer viel Schätzbares enthaltenden Schrift über die Präpositionen gegeben hat: da *fer* und *ger* im Lateinischen gerade auf die Weise gebraucht werden, wie im Sanskrit jede nackte Wurzel das letzte Glied eines Compositums ausmachen kann, wovon das erste Glied ein Substantiv ist und ein

accusatives Verhältnifs ausdrückt. Auch läfst sich kaum begreifen, wie die Präposition *in* in Vereinigung mit *fer* den Begriff unter, unten, der untere zu bezeichnen geeignet sey. Was im Sanskrit das Urelement von *adhas*, *adharas* und *adhamas* sey, ist schwer zu bestimmen, nur mufs ich bemerken, dafs *adhamas* nicht wie *infimus* superlative Bedeutung habe, sondern dafs es in seinem Gebrauch von *adharas* (*inferus*) nicht unterschieden sey.

A. W. v. Schlegel hat in seiner Indischen Bibliothek (Th. 1. S. 362.) die Ansicht aufgestellt, dafs *ra* und *ma* in den obengenannten und einigen ähnlichen Bildungen die Verstümmelung der Comparativ- und Superlativ-Suffixe *tara* und *tama* sey; ich habe dieser Ansicht in den Götting. Anzeigen widersprochen, weil ich in den aufgezählten Beispielen eine hinlänglich begründete Steigerung der Bedeutung vermifste.

Zur Unterstützung der Schlegelischen Erklärung liefse sich jedoch anführen, dafs im Lateinischen die uralten Steigerungs-Suffixe in der Gestalt von *ter* und *timus* sich ebenfalls gerne mit Präpositionen verbinden, und dafs *timus* bei abgeleiteten Adjektiven, wie *maritimus*, *legitimus*, auf seine steigernde Kraft verzichtet, wie dieses auch *ter* in Adverbial-Formen wie *audacter*, *publiciter* thut, nach deren Analogie die Präpositionen *praeter*, *subter* und *inter* gebildet sind. Ich habe mich anderswo ausführlicher über diesen Gegenstand ausgesprochen (1), und mufs hier noch erwähnen, dafs seitdem Jacob Grimm sehr scharfsinnig auch an Germanischen Präpositionen, wie *aftar* und *hindar* im Altdeutschen, das aus dem Orient mitgebrachte Comparativ-Suffix nachgewiesen hat (Wiener Jahrb. 1824. Bd. 28. S. 31 u. ff.). Wenn aber in den Indischen Formen *adharas* und *adhamas* Steigerungs-Suffixe enthalten sind, was mir jetzo weit glaubwürdiger als früher erscheint, so möchte ich lieber *dhara* und *dhama* durch eine kleine Lautveränderung aus *tara* und *tama* entstehen lassen, was um so annehmbarer ist, da ja auch allem Anscheine nach *prathamas* der erste das Superlativ-Suffix, welches sich an die Präposition *pra* vor angeschlossen hat, nicht in seiner gewöhnlichen Gestalt, sondern mit dem Zusatze der Aspiration zeigt. Ist die angegebene Erklärung richtig, so trifft das als Stamm übrig bleibende *a* mit dem Demonstrativ-Stamme zusammen, woraus *a-tas* von da, *a-smai* diesem und einige andere Casus entspringen, welche die Grammatiker dem Prono-

(1) Heidelb. Jahrb. 1818. S. 479 ff.

nomen *idam* aufgebürdet haben, dessen Deklination ein buntes Gemisch von Stämmen, die in der Bedeutung übereinstimmen, darbietet. Merkwürdig bleibt überhaupt im Sanskritischen Sprachstamm das innige Ineinandergreifen der Pronominal- und Präpositions-Stämme, die sich beide der Herleitung von den allgemeinen Wurzeln nicht fügen, unter sich aber einen engen Bund geschlossen zu haben scheinen, so dafs in den Casus-Endungen, welche aufser dem Nominativ und Vocativ sämtlich räumliche Verhältnisse auszudrücken haben, dennoch in mehreren Casus statt angefügter Präpositionen die Stämme von Pronomina sich wahrnehmen lassen. Im Lateinischen und Gothischen stehen sich die Präposition *in* und der Pronominal-Stamm *i* sehr nahe; *inde* von da scheint die Präposition *in* zu enthalten, das erste Element ist aber seiner Bedeutung nach demonstrativ, und wenn man *inde* mit dem aus dem Pronominal-Stamme *u* fliefsenden *unde* vergleicht, so begreift man, wie *i* durch Hinzuziehung eines *n* die Gestalt der Präposition gewinnen kann. Niemand bezweifelt die Verwandtschaft des Lateinischen *in* mit dem Griechischen ἔν, allein hier liegt der Radikal-Theil des Wortes offenbar in dem blofsen ἔ, welches gleichsam seine Deklination hat und verschiedene räumliche Verhältnisse andeutet, je nachdem es die Endungen σ, σω oder ν sich aneignet. In Verbindung mit den Suffixen θα und θεν, wovon ersteres locative, und letzteres ablative Bedeutung hat, tritt die demonstrative Natur von ἔν ganz deutlich hervor, und man wird daher die Formen ἕς oder εἰς, ἔσω, ἔν, ἔνθα und ἔνθεν als eine Art von Deklination des Stammes ἔ ansehen, und ἔνθεν dem Sanskritischen *a-tas* zur Seite stellen dürfen, welches von hier, von diesem bedeutet, und auch häufig im Sinne eines Ablativs bei Comparativen erscheint.

Von pronominaler Herkunft erkläre ich auch die Lateinischen Präpositionen *cis*, *citra* und *ultra*, die sich wie dieser und jener einander entgegenstehen, und beim ersten Blick als Correlative sich zu erkennen geben. Die Bedeutung jenseits, die letzteres als Adverbium hat, weist uns zu seiner Erklärung so nothwendig an das Pronomen *ille*, dafs ich mich wundere, wie Hr. Lish, der mehrere Präpositionen mit Scharfsinn erläutert hat, an der Deutung von *ultra* so sehr scheitern konnte, dafs er an die Indische Präposition *ut* auf verschlagen wurde. Die Verwechslung zwischen *i* und *u* ist im Lateinischen eine so gewöhnliche Erscheinung, dafs in dieser Beziehung das Verhältnifs von *ultra* zu *ille* keinen Anstofs geben kann, und es bietet

sich, woran Vossius erinnert, die veraltete Form *olle* als Vermittelungsglied dar; auch begreift sich leicht die Abwerfung des einen *l* zur Vermeidung der Anhäufung von drei Consonanten.

Schwerer als von *ultra* ist die Erklärung von *cis* und *citra*. In Erwägung ihrer Bedeutung diesseits und des darin enthalteuen Gegensatzes zu *ultra* mufs eine Erklärung aus einem Demonstrativ-Stamme am erwünschtesten scheinen. *Hic*, dessen Stamm *hi* mit *hu* und *ho* wechselt, will sich zur Erklärung von *cis* nicht gut fügen, denn obwohl *h* nach bestimmten Gesetzen in *c* übergeht, wie *tractum* aus *traho*, *vectum* aus *veho* (Sanskr. *vahâmi* वहामि), so ist doch kein zuverlässiger Grund vorhanden, am Anfange eines Wortes, ohne äufserliche Veranlassung, eine Ersetzung des *h* durch *c* zu erwarten, wenn gleich das Sanskritische Neutrum *hrid* (हृद्) Herz im Lateinischen die Gestalt *cor*, in der Grundform *cord*, angenommen hat. Es wird also wohl zweifelhaft bleiben, ob *cis* und *citra* vom Stamme *hi* ausgegangen, oder aus dem Relativ- und Interrogativ-Stamme *qui*, dessen *qu* mit *c* wechselt, entsprungen seyen. Der Gebrauch des Relativs statt des Demonstrativs kann nicht befremden, wenn man erwägt, dafs bei Homer der Artikel mit dem Relativ noch identisch ist. Im Sanskrit läfst zwar das Relativ *ja-s*, *jâ*, *jat* (यस्, या, यत्) keine Verwechslung mit irgend einem demonstrativen Pronomen zu, allein das Interrogativum, welches *ka* und *ki*, und in einigen adverbialen Formen *ku* als Stamm zeigt, und den Lateinischen Stämmen *qui*, *quo* und *cu* zum Vorbild dient, kann auch mit Ablegung des interrogativen Sinnes Einer bedeuten, und in Verbindung mit der Partikel *tschit* (चित्) heifst *kas-tschit quisquam*, *kin-tschit quidquam*. Es ist also aller Grund vorhanden, an einer Entstehung von *ci-s* und *ci-tra* aus dem Relativ oder Interrogativ keinen grofsen Anstofs zu nehmen. Das *s* von *cis* ist Endung, gleichsam ein Casus-Charakter, wie im Gothischen *mis* mir, *thus* dir, oder eine adverbiale Endung, wie in *bis* aus *dvis*, wovon das *i* zum Stamme gehört, wie auch im Sanskrit *dvi* Grundform ist, woraus *dvis* zweimal entspringt. Auch zeigt sich *bi* als radical in den Zusammensetzungen, wie *bigemmis*, *bilinguis*, und es verdient die veraltete Form *uls* für *ultra* einer Beachtung (*uls Tiberim*), indem hier, wie bei *cis*, das blofse *s* als Endung steht, und *uls* sich zu *ultra*, wie *cis* zu *citra* verhält. Die Form *citra* bedarf zu ihrer Entstehung nicht der Vermittelung von *cis*, sondern an den Pronominal-Stamm *ci* schliefst sich unmittelbar das Suffix *tra*; *citra* stimmt zu

ultra, wie *citimus* und das Adverbium *citime* am meisten diesseits, bei Priscian, zu *ultimus*. Es wird sich kaum bestreiten lassen, dafs auch *ceterus* durch ein eignes Familienband an *cis*, *citra* und *citimus* sich anschliefse; in Bezug auf das Suffix verhält es sich zu *citimus* wie im Sanskrit *kataras* wer von zweien zu *katamas* wer von vielen; in Bezug auf den Vocal, wie im Lateinischen *quis* zu *quem*; in Bezug auf die Bedeutung ist *ceterus* ein wahrer Comparativ des Demonstrativs, denn der Übrige, Andere ist der über das Dies hinausgehende.

Um nun zu dem Alt-Lateinischen *d* zurückzukehren, bemerken wir, dafs im *S. C.* zweimal *sed* statt des Accusativs *se* steht; aufserdem kommt aber dieses Pronomen in unseren beiden Inschriften nicht vor, und es verdient berücksichtigt zu werden, dafs an diesen einzigen Stellen *sed* nach *inter* steht, so dafs man, um nicht einen Accusativ auf *d* zuzulassen, mit Hrn. Lish annehmen könnte, dafs *inter* in der älteren Sprache den Ablativ regiert habe, der wegen seiner locativen Bedeutung nach *inter* ganz passend stünde. Es hätte aber auch an sich nichts befremdendes, wenn in der alten, wie in der klassischen Sprache, Accusativ und Ablativ der drei geschlechtslosen Pronominen gleich lauteten, *me*, *te* und *se* sind ihrer Form nach mehr ablativer als accusativer Natur, da sie das Kennzeichen *m* entbehren, welches man in den Sanskritischen Formen *mâm* mich und *twâm* dich nicht vermifst. Merkwürdig ist es auch, dafs im Sanskrit die Ablative *mat* und *twat* in Zusammensetzungen als Grundform gebraucht werden, so dafs das *t* jedes Casusverhältnifs ausdrücken kann, oder so angesehen wird, als gehörte es zum Stamme, z. B. *mat-putras* mein Sohn (wörtlich: der Sohn meiner), *mad-duhitâ* meine Tochter. Da also das *t* oder *d* schon in der frühesten Sprachperiode sich daran gewöhnt hat, in anderen Funktionen denn als Ablativ-Charakter zu erscheinen, so wäre es wenig befremdend, wenn es im Alt-Lateinischen sich auch im Accusativ festgesetzt hätte, und auch in der späteren Sprache die Form des Accusativs von der des Ablativs ausgegangen wäre, indem beide Casus von einem früheren *d* sich losgesagt hätten.

Aus dem Adverbium *facilumed* für *facillime* im *S. C.* (*ubei facilumed gnoscier potisit*) möchte ich nicht den Schlufs wagen, dafs den ähnlich gebildeten Adverbien in der alten Sprache ein *d* zukomme, da man auf den *C. R. bene*, und nicht *bened* liest, so dafs die beiden einzigen Formen

dieser Art, welche die alten Inschriften aufweisen, in ihrer Form sich widersprechen. Ganz unterdrücken kann ich aber doch nicht die Vermuthung, dafs *facilumed* aus *facilumod* entstanden seyn könne, und dafs überhaupt Adverbia auf *e*, von Adjectiven zweiter Deklination, ihrem Ursprunge nach Ablative seyen, in denen ein *e* einem früheren *o* Platz gemacht, durch eine ähnliche Verwechslung, wie die, welche *volim* in *velim*, *voster* aus *vos* in *vester* umgestaltet hat (Schneider Th. 1. S. 12.). Zu Gunsten der Annahme, dafs die Adverbia auf *e* in einer über unsere Denkmäler hinausreichenden Periode *o* statt *e* gehabt haben, sprechen aber noch die vielen adverbialischen Ablative, wie *raro*, *perpetuo*, und der Umstand, dafs es ganz natürlich ist, dafs irgend ein Casus der Adjektive auf *us* regelmäfsig mit adverbialer Bedeutung gesetzt werden konnte, wie im Sanskrit alle Adjective auf *a-s*, die den Lateinischen auf *u-s* entsprechen, in ihrem Accusativ abverbialisch gebraucht werden können, wie *śighram* schnell, *nitjam* beständig. Hiermit vergleichen sich die Adverbia, wie *perpetuum*, *parum*, *minimum*, *ceterum*, während der Ablativ einen ausgedehnteren Gebrauch bei Adverbien gewonnen hat, denen zugleich auch die Abwesenheit aller Casus-Endung zusagt, wie die Formen auf *ter* und *tim* zeigen, von den Steigerungs-Suffixen *ter* oder *terus* und *timus*, indem der Abfall der Casuszeichen auch den Endvocal der Grundform mit sich fortgerissen hat. Es giebt Adverbial-Endungen, die für bestimmte räumliche Verhältnisse charakteristisch sind, und allen Anspruch darauf hätten, in der Deklination einen Platz zu finden, wenn sie, wie die anderen Casus, an allen beugbaren Wörtern vorkämen, und wenn sie nicht zuweilen die ihnen angewiesene Gränze der Bedeutung überschritten. Von dieser Art ist das Suffix *tus* in *coelitus*, *funditus* u. s. w., welches aber in Ableitungen von Adjektiven, wie *humanitus*, *divinitus*, seine Urbedeutung verlassen hat. Im Sanskrit zeigt das entsprechende Suffix *tas* meistens, wie der Ablativ, die Entfernung von einem Orte an, vertritt bei Pronominen häufig die Ablativ-Endung, und scheint sogar aus dieser entstanden zu seyn. Was aber verhindert, die Endung *tas* in die Deklination aufzunehmen, ist der Umstand, dafs sie häufig ihre Urbestimmung vergifst, und mit locativer, und sogar mit accusativer Bedeutung vorkommt; ferner dafs *tas* nicht an allen beugungsfähigen Wörtern die Stelle der Ablativ-Endung vertreten kann, und besonders von Adjektiven ausgeschlossen ist. Da nun, wie aus dem Gesagten hervorgeht, die meisten Lateinischen Adverbia ent-

weder Casus-Endungen enthalten, oder Suffixe die sich im Sanskrit wiederfinden, so müssen wir auch aus diesem Grunde vorziehen, in dem adverbialen *e* lieber die Verwechslung mit einem anderen Vocal, als eine dem Lateinischen allein eigenthümliche und von ihm selbstständig erzeugte Endung zu suchen, in welcher das schliefsende *u* des Adjektiv-Stammes untergegangen sey.

Die Stelle des *S. C. quei arvorsum ead fecisent* ist diejenige, in welcher mir das *d* am unerklärlichsten scheint, weil man nicht begreift, wie es an dem Plural des Neutrums sich rechtfertigen läfst. Grotefend schliefst aus dieser Stelle und dem oben erwähnten *inter sed*, dafs in der alten Sprache, aufser den Ablativen und Adverbien, wie *facilumed*, ein *d* bei den mit Präpositionen verbundenen Pronominen stehe (Gröfsere Gramm. B. 2. S. 305.); allein da *sed*, wie mir scheint, befriedigend als ein mit dem Ablativ identischer Accusativ sich erklärt, und keine Stelle dieser Inschriften uns die Annahme aufdringt, dafs man ohne Präposition nicht ebenfalls *sed* sage, so kann ich bei *arvorsum ead* das *d* unmöglich dem Einflusse der Präposition zuschreiben. Auch wäre es in der That etwas sehr Auffallendes, wenn im Alt-Lateinischen gewisse Casus nach Präpositionen anders gelautet hätten, als wo sie allein stehen, oder wenn diese befremdende Erscheinung blos an den Pronominen sich gezeigt hätte. Viel lieber möchte ich, wenn eine nur einmal vorkommende und an keine allgemeinere Analogie sich anknüpfende Form, die ja aus diesem Grunde von dem Verdacht eines Versehens des Künstlers nicht fremd ist, zu einer Folgerung berechtigen oder zwingen kann, aus *arvorsum ead* den Schlufs ziehen, dafs in der alten Sprache die Pronomina ihr Neutrum auch im Plural durch ein *d* auszeichneten, dafs man sagte: *ead*, *illad*, *aliad*, wie man im Singular *id*, *illud*, *aliud* sagt, und nicht *i* oder *e*, *illu*, *aliu*, was der Analogie von *facile* und *cornu* gemäfs seyn würde. Zur Annahme, dafs auch andere nicht pronominale Neutra im Plural ein *d* angefügt haben, ist durchaus kein Grund vorhanden, und die Schreibart *preivileciad* für *privilegia*, in der siebenten Gesetztafel, daher höchst verdächtig.

Der Plural *ead* bleibt also neben dem nicht ganz genügend erklärten *facilumed* die einzige Form, wo nach dem Zeugnifs der ältesten Inschriften, die alte Sprache, in Bezug auf das ihr eigenthümliche *d*, das Gebiet des Ablativs überschreitet; dagegen steht in der standhaften Bezeichnung des

Singular-Ablativs durch *d* das Lateinische eine Stufe höher oder alterthümlicher als das Sanskrit, weil hier nur die Pronomina und alle Stämme auf *a* für den Ablativ eine eigenthümliche Endung haben, die aber bei andern Wörtern erloschen ist und durch den Genitiv vertreten wird, so dafs das Sanskrit auf halbem Wege dem Griechischen entgegen kommt, welches durch seinen Genitiv, wiewohl meistens mit Beihülfe von Präpositionen, wie ἔκ, ἀπό, παρά, aber auch ohne Präposition, das Verhältnifs des Indischen Ablativs ausdrückt, in Sätzen wie Εἶκε, Διὸς θύγατερ πολέμου καὶ δηϊοτήτος. Im Plural hat der Indische Ablativ, wie der Lateinische, eine gemeinschaftliche Endung mit dem Dativ, nämlich *bhjas* (भ्यस्). Man wird also, wenn man die Griechische Sprache als Muster aufstellen, und in ihrer Armuth an Casus-Endungen eine treuere Bewahrung des Urzustandes erkennen wollte, dennoch nicht behaupten können, dafs auch im Sanskrit die Losscheidung des Genitivs vom Ablativ, oder umgekehrt die des Ablativs vom Genitiv, eine Folge späterer Entwickelung sei; denn wäre dieses der Fall, wären Ablativ und Genitiv ihrem Ursprunge nach Eins, und der Ablativ-Charakter *t*, welcher der ersten Deklination und allen Pronominen eigen ist, eine Entartung des Genitivzeichens *s*, so liefse sich nicht begreifen, warum nicht auch in den beiden Mehrzahlen das Gebiet des Genitivs und Ablativs in einander greife, und wie das Alt-Lateinische in seiner Ablativform so auffallend mit dem Sanskrit übereinstimmen könne. Ich finde in dieser Übereinstimmung den Beweis, dafs diese Endung schon vor der Sprachspaltung bestanden habe, und die Wahrscheinlichkeit, dafs das Sanskrit ursprünglich alle seine Singular-Ablative durch *t* bezeichnet, und etwa *agnit* oder *agnêt* aus *agni* Feuer, *madhut* oder *madhôt* aus *madhu* Honig, gebildet habe.

Was den Ursprung des Ablativ-Charakters anbelangt, so mufs ich bemerken, dafs es im Sanskrit keine Präposition gibt, durch deren Verwachsung mit dem Stamme der Charakter *t* erklärt werden könnte: von (als Entfernung von etwas) heifst *apa* (ἀπό) und *ava*, und aus heifst *nir* und *wahis*. Letzteres steht oft in Verbindung mit dem Ablativ, um nachdrücklicher zu bezeichnen, was der Ablativ für sich allein auszudrücken vermag; *nir* und *ava* stehen in Construktionen mit dem Ablativ nur als Präfixe vor dem Verbum, und zwar so, dafs sie ohne Nachtheil der Deutlichkeit ebenfalls entbehrt werden könnten, z. B. *rathâd ava-plutja* vom Wagen herabge-

sprungen seyend, *nagarâd nirgamja* aus der Stadt herausgegangen seyend. Wir werden also den Ablativ in die Klasse derjenigen Formen stellen müssen, wovon Herr W. v. Humboldt sehr scharfsinnig bemerkt, dafs sie da eintreffe, wo der Gebrauch eine Wortform ausschliefslich zu einer bestimmten grammatischen stempelt, ohne dafs sie weder durch Anfügung noch durch Beugung etwas gerade dieser Charakteristisches an sich trägt (1). Wenn aber gleich das Ablativzeichen *t* nicht seinem Ursprunge nach die Entfernung von einem Orte ausdrückt, sondern nur vom Sprachgebrauch zu dieser Verhältnifsbestimmung gestempelt wurde, so glaube ich doch, dafs es darum nicht für bedeutungslos angesehen werden dürfe, wenn es gleich etwas bedeuten sollte, was eben so gut einem jeden anderen Casus angeschlossen werden könnte. So wie das Accusativzeichen *m* seiner Natur nach nicht die Richtung nach einem Orte bezeichnet, sondern wie früher gezeigt worden, nur ein belebendes, zur Persönlichkeit erhebendes Zeichen ist, so erkenne ich in dem *t* des Ablativs das wesentliche Element unseres Pronominalstammes *ta*, den wir, seines Vocals beraubt, bereits im Nominativ und Accusativ gen. Neutr. der Pronomina als Flexion wahrgenommen haben. Mit dem Nominativ- und Accusativ-Charakter des Neutrums der Pronomina stimmt auch das ablative *t* insofern überein, dafs es in einem besonderen Falle, nämlich bei den Pronominen der beiden ersten Personen, vom Genius der Sprache wie zum Stamme gehörend angesehen wird, da es an dem ersten Gliede der Composita, wo sonst nur die reinen Grundformen stehen, beibehalten wird. Zu beachten ist auch, dafs das *t* des Ablativs mit dem der Pronominal-Neutra im Lateinischen insofern gleiches Schicksal gehabt hat, dafs es an beiden Stellen sich zu *d* erweichte.

In der Flexion des Genitivs Sing. zeigt sich der angehängte Demonstrativ-Stamm in derselben Gestalt wie beim Nominativ, nämlich als *s*. Da wir aber das *s* als lebendiger, personifizirender als das *t* erkannt haben, so könnte man daran Anstofs nehmen, dafs nun dieses *s* auch in einem der obliquen Casus wahrgenommen wird, von denen es sich gänzlich losgesagt zu haben schien. Es kommt uns aber in dieser Beziehung die Ansicht Hermann's zu statten, der den Genitiv höher stellt als den Nominativ, der sich

(1) Abhandlungen der hist. philolog. Klasse aus den Jahren 1822 und 1823 S. 415.

zu jenem wie ein Accidens zur Substanz verhalte. Ich möchte diese Behauptung nicht in ihrer ganzen Ausdehnung gelten lassen, da ich im grammatischen Sinne dem Nominativ seine Herrschaft über den ganzen Satz nicht streitig machen kann, denn auf ihn bezieht sich das Verbum, wodurch von dem durch den Nominativ bezeichneten Subjekt ein Urtheil ausgesprochen wird. Allein es bleibt nicht minder wahr, dafs in logischer Beziehung nicht selten der ganze Nachdruck der Rede auf dem Genitiv beruht; so dafs er recht eigentlich als das geistige Subjekt sich darstellt, von dem die Rede ist, und in welchem der grammatische Nominativ als Ergänzungsbegriff gleichsam untergeht. Es ist also ein Grund vorhanden, dem Genitiv eine ausgezeichnete Form vor den übrigen obliquen Casus zu geben, und mit ihm den Demonstrativ-Stamm in seiner energischeren Form zu verbinden, die sonst nur dem Nominativ zusagt, über den aber der Genitiv nicht selten ein geistiges Übergewicht sich anmafst. So wenig also der Ablativ das Verhältnifs woher durch seine Form wirklich ausdrückt, so wenig ist im Genitiv, der sich grammatisch an dasselbe Verhältnifs anknüpfen liefse, die Abhängigkeit von einem anderen Nomen, zu dessen näheren Bestimmung er dient, wirklich ausgedrückt, sondern blos die Persönlichkeit des durch ihn bezeichneten Gegenstandes, und der Sprachgebrauch hat die besondere Form, wodurch diese Persönlichkeit angedeutet ist, zu einer der wichtigsten grammatischen Bestimmungen berufen.

Der Form nach ist im Sanskrit der Genitiv vom Nominativ meistens nur unwesentlich unterschieden, z. B. ein schliefsendes *i* und *u* erhalten die sehr gewöhnliche Verstärkung, welche Guna genannt wird, so lautet der Stamm *bhânu* Sonne im Nominativ *bhânu-s* und im Genitiv *bhânó-s*. Einem schliefsenden Consonanten wird ein *a* als Bindevocal beigegeben, und da das Indische *a* im Griechischen meistens durch *ε* vertreten wird, so ist *pad-as* vom Stamme *pad* Fufs gewissermafsen identisch mit dem Griechischen ποδός. Der Nominativ von *pad* ist identisch mit der Grundform, weil es dem Indischen Lautsystem widerspricht, dafs zwei Consonanten ein Wort schliefsen, so dafs eine Form *pads* oder *pat-s* unmöglich ist. Das Griechische und Lateinische geben in einem solchen Falle lieber den Endbuchstaben des Stammes als den Casus-Charakter auf; denn da *δ* oder *τ* ohnehin am Ende der Wörter nicht geduldet werden, so ward es dem Griechischen um so

leichter, das δ von ποδ dem Nominativ-Charakter ς aufzuopfern und den Stamm für den Ausfall des δ durch die Erweiterung des Vocals einigermafsen zu entschädigen.

Die Sanskritischen Stämme auf *a*, die den Griechischen auf ο entsprechen, haben eine vollere Genitiv-Endung als alle übrige Wörter, nämlich स (*sja*) statt eines bloſsen *s*; von dem Demonstrativ-Stamme *ta* kann daher der Genitiv *ta-sja*, welchem das Homerische τοίο am nächsten steht, wobei το dem Stamme, und ιο für σιο der Endung anheim fällt. Ich fühle mich vollkommen überzeugt, daſs die Griechischen Genitive zweiter Deklination nur deswegen des Casuszeichens ς ermangeln, weil hier das Σ ursprünglich nicht wie bei der ersten und dritten Deklination am Ende stand, sondern wie *ta-sja*, *súta-sja* und ähnliche Formen im Sanskrit, noch einen Vocal nach sich hatte. Am Ende hat sich im Griechischen das Σ eben so standhaft behauptet, als es in der Mitte zwischen zwei Vocalen sich gerne verdrängen lieſs. Wenn man das Griechische mit dem Sanskrit vergleicht, so findet man unter den grammatischen Formen des letzteren keine einzige mit einem schlieſsenden *s*, welches sich in der entsprechenden Griechischen nicht erhalten hätte, es sey denn daſs es in ν übergegangen wäre, wie μεν aus μες, eine Form, die uns einen unübersehbaren Wink gibt, um den Zusammenhang der Dual-Endungen 2. τον 3. τον mit dem Indischen 2. *tas* 3. *thas* zu begreifen. Viel zahlreicher aber sind die Formen, wo das indische schlieſsende *s* im Griechischen unverändert geblieben ist. Der Stamm *bhrû* (Fem.) die Augenbraue, hat im Griechischen durch Vorsetzung eines ο die Form ὀφρὺ gewonnen; dem Nominativ *bhrûs* gleicht das Griechische ὀφρὺς, dem Genitiv *bhruwas* das Griechische ὀφρύος, dem Plural-Nominativ, Vocativ und Accusativ *bhruwas* gleicht ὀφρύες und ὀφρύας; den Formen *abhûs* du warst, *adâs* du gabst, entspricht ἔφυς, ἔδως, und in *abhawas*, *adadâs* spiegelt sich das Griechische ἔφυες, εδίδως. Um aber Formen, wie τοῦ, αὐτοῦ, λόγου, τοίο, αὐτοίο, λόγοιο zu erklären, wird man am besten zu anderen Formen gleichen Ausgangs seine Zuflucht nehmen, deren Ursprung bekannt ist. Wie ἐτύπτου aus ἐτύπτησο, τύπτοιο aus τύπτοισο entstanden, so konnte λόγοιο aus λογοσιο durch eine ähnliche Ausstoſsung des Σ, und aus λόγοιο durch Verdrängung des ι, λόγοο sich entwickeln, welches sich zu λόγου zusammenziehen muſste. Im Lateinischen erinnert die Pronominal-Endung *jus* ebenfalls

an das Sanskritische *sja*, indem *jus* durch Umstellung aus *sju* entstehen konnte; man vergleiche *cu-jus* mit *ka-sja* wessen?

Die Feminina, deren Stämme auf *â*, *î* und *û* enden, und nach Willkühr auch die mit schliefsendem kurzen *i* und *u*, knüpfen im Sanskrit das genitive *s* ohne Noth durch einen Bindevocal an den Stamm, und zwar nicht durch das früher erwähnte kurze *a*, sondern durch ein langes *â*, was ich aus der Neigung der Feminina zu volltönenden langen Vocalen erkläre. Keine Sprache trifft in dieser Genitiv-Bezeichnung der Feminina so genau mit dem Sanskrit zusammen als das Gothische, denn wenn man berücksichtigt, dafs das Indische lange *â* im Gothischen regelmäfsig als langes *ô* erscheint, so wird man die weibliche Genitiv-Endung *ôs* bei Ulphilas als das vollständigste Abbild des Indischen *âs* erklären dürfen.

Im Plural bietet das Sanskrit *sâm* als die vollständigste Form der Genitiv-Endung dar, welche durch das *s* mit der entsprechenden Endung des Singulars zusammenhängt, und durch die Sylbe *âm* sich davon unterscheidet. Diese volle Genitiv-Endung *sâm* haben aber nur die Pronomina bewahrt, den übrigen Wörtern ist von *sâm* blos *âm* geblieben, wozu sich das Griechische *ων* wie *ἐδίδων* zu *adadâm* ich gab, verhält; man vergleiche *padâm* (पदां) mit dem gleichbedeutenden *ποδῶν*. Wenn das Germanische selbst schon in der Gothischen Form im Genitiv Pluralis den schliefsenden Nasal entbehrt, so steht es doch dadurch mit dem Sanskrit in überraschendstem Einklang, dafs die Pronominal-Genitive Pluralis ihre Endung mit einem Zischlaut anfangen, der den Substantiven entgeht; man vergleiche *thizê* (*horum*) aus *this*+*ê* und *thizô* (*harum*) aus *this*+*ô* mit den gleichbedeutenden Indischen Genitiven *tê-sâm* und *tâ-sâm*, und dagegen *ahman-ê* mit *ât-mân-âm* (*animarum*). Im Lateinischen wird, wer die häufige Verwechslung des *s* mit *r* berücksichtigt, leicht in der Endung *rum* das Indische *sâm* wieder erkennen, und daher *quarum*? mit dem gleichbedeutenden *ka-sâm*, wie *pedum* mit *pad-âm* zusammenstellen. Im Dual lautet die Sanskritische Genitiv-Endung *ôs* (mit langem *ô*).

Der Locativ hat im Dual eine gemeinschaftliche Endung mit dem Genitiv, im Plural hingegen ist er, wie im Singular, vom Genitiv unabhängig, und hat die eigenthümliche Endung *su*, deren Ursprung sehr im Dunkeln liegt. Die Identität des Genitivs und Locativs im Dual erregt jedoch

die Vermuthung, dafs auch im Plural die Endung *su* mit der Genitiv-Endung *sâm* verwandt seyn oder sich daraus entwickelt haben könnte. Einen merkwürdigen Vergleichungspunkt in Bezug auf den Plural-Locativ bietet das Littauische dar, dessen Endung *sa* oder *se* von dem Indischen *su* nur wenig verschieden ist, z. B. *awi-sa* in den Schafen, *aszaro-sa* in den Thränen, *diewu-se* in den Göttern, entsprechen den gleichbedeutenden Indischen Formen *awi-s'u, asru-s'u, dewê-s'u.*

Über

geographische Stellung und horizontale Ausbreitung der Erdtheile.

Von

H^rn. C. RITTER.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 14. December 1826.]

Seitdem man sich gewöhnte, die Erde nicht mehr nur an sich als einen mathematischen, sondern (nach J. Newton's Vorgange) auch als einen von Naturthätigkeiten bewegten und erfüllten physikalischen Körper zu betrachten, dessen Entwicklung und Bildungstheorie als Leiter der fernern mathematischen Erforschung der Erdgestalt dienen mufste, wodurch dieser Forschung selbst eine neue Richtung gegeben ward, geschahe zugleich der gröfste Fortschritt zur Erkenntnifs der Erde in allen ihren Theilen. Die verschiedenartigsten Erscheinungen auf diesem Planeten erhielten ihre Erklärung durch die grofsartigen, aber einfachen Attractionsgesetze; jene zeigten sich, als Resultate, an sich sehr mannichfaltiger, aber harmonisch vereinter Wirkungen, der verschiedensten, sowohl nahen als fernabstehenden, nur scheinbar unzusammenhängenden und zerstreuten, dennoch aber unablässig und gleichmäfsig auf den Erdball, wie gegenseitig auf einander einwirkenden Glieder des gesammten Sonnensystems.

Die Erde, nur ein Glied dieses Sonnensystems, besteht für sich wieder als eignes System von Erscheinungen, unter welchen auch die vielfache Sonderung ihres Umfangs und die scheinbare Zerstreuung oder Sammlung ihrer verschiedenartigen Theile durch benachbarte oder entferntere Räume die Natur ihrer Oberfläche mannichfaltig bedingt hat. Jeder ihrer noch so

gesonderten Theile liegt gleichfalls nicht wirkungslos und nur zufällig fern von oder neben dem andern, sondern steht im Zusammenhange mit ihrem Gesammten; jeder hat, als mitwirkendes Glied, seinen nothwendigen Antheil an dem geschlossenen Ringe des ganzen Erdsystems, das eben dadurch zum besondern Planeten ward, mit eigenthümlicher Anordnung und in allen seinen Theilen und Verhältnissen eigenartiger Wirksamkeit.

In dieser Anordnung, welche in den leblosen wie in den zugehörigen belebten Theilen dieses Erdsystems, auch zu dessen Natur und Geschichte ihren Beitrag gibt, ist wesentlich ein eigenthümliches, ein tellurisches Element, nämlich ein anderes vorhanden, als in der Einrichtung der vereinzelten, von ihm abgelösten unorganischen wie organisirten irdischen Naturkörper insbesondre. Es ist ein eigenthümlicher Organismus des Planeten in seiner Gesammtheit sichtbar, der über die blofse Raumerfüllung und die Grenze der unorganisirten Naturkörper hinaus, das Gebiet der Vegetation wie der lebenden Organismen durchdringt, und in das Reich der geistigen Thätigkeit derselben gestaltend und bedingend eingreift.

In den Gesammterscheinungen der Natur und der Geschichte treten die Einwirkungen dieser tellurischen Anordnung des Planeten und seiner Verhältnisse überall hervor, da er zum Schauplatz der Natur und ihrer Kräfte, wie zum Träger der Völker von Anfang an eingerichtet ward, als Heimath, Wohnort und temporäre Entwicklungsanstalt für das Menschengeschlecht, das ohne diese Bedingung nicht gedacht werden kann.

Die Auflösung dieses allgemeinen Verhältnisses in seine Besonderheiten ist die Aufgabe der Wissenschaft; jedes besondre Verhältnifs gewinnt dadurch seine Bedeutung für Betrachtung und Leitung in Beziehung auf das Allgemeine und Individuelle; die einfachsten, unscheinbarsten Verhältnisse treten dadurch in ihrer allgemeinsten Wirksamkeit hervor.

Zu diesen gehören unstreitig die blos räumlichen Ausbreitungen der Rinde des Planeten, nach ihren natürlichen Abtheilungen, über welche es erlaubt sei, einige Bemerkungen mitzutheilen.

Die ungleiche Vertheilung der Länder- und Wasserflächen über den Erdball ist längst beachtet worden, man hat das quantitative Verhältnifs der

rigiden und der flüssigen Form, welche die Planetenrinde überdeckt, wenigstens durch annähernde Vermessung und Schätzung des Areals zu berechnen gesucht, weil der ganze Länderbesitz damit zusammenfiel; man hat sich bemüht, das Ganze wie das Einzelne mit mehr oder weniger Vollständigkeit zu beschreiben. Weniger, scheint es, ist man auf ihre Figuren, Gestaltungen, Stellungen und auf deren gegenseitige Verhältnisse, sowohl der Ganzen als der Theile, aufmerksam gewesen, obwohl eben hierin seit der ersten Anlage merkwürdige Keime und Bedingungen wirklich schon realisirter, oder im Fortgang begriffener Entwicklungen aller Art verborgen liegen mufsten, für einen mit Naturkräften erfüllten, und an seiner Oberfläche überall mit lebendigen Organismen bedeckten Planeten. Aufser den so auffallenden climatischen Unterschieden, welche bekanntlich diese Vertheilungen treffen, die niemals übersehen werden konnten, ergibt sich aber eben so unmittelbar, dafs jedem Raumverhältnisse an sich, von Thätigkeiten erfüllt gedacht, nothwendig auch Zeitverhältnisse entsprechen, welche von jenen Stellungen, Figuren, Gestaltungen abhangig sind, wodurch allein schon ein mannichfaltiges System von Erscheinungen, in Berührungen, Trennungen, Wanderungen, Wechselwirkungen, nach dem Nebeneinander- oder Auseinanderliegen der Theile, und nach der Zeitfolge ihrer Ein- und Gegenwirkungen, statt finden mufste. Eben so unmittelbar ergibt sich, dafs jeder physikalischen Bedingung dieser oder anderer Art eine Folge in dem Hergang der Dinge, eine historische Entwicklung nach aufsen oder innen, im Besondern oder Allgemeinern entsprechen konnte, oder mufste.

Nur einige dieser räumlichen Verhältnisse, welche in den horizontalen Dimensionen und Verbreitungen liegen, wollen wir hier beachten, und die verticalen Dimensionsverhältnisse später zu entwickeln suchen, mit denen man sich, im Besondern schon vielfältig beschäftigt hat, ohne jedoch jene gehörig dabei zu berücksichtigen, obwol sie die Grundlagen von diesen ausmachen.

I. Contrast der Land- und Wasser-Halbkugel.

Einige Beobachter haben schon die Aufmerksamkeit auf die ungleichartige Vertheilung der Länderflächen, im Gegensatze der Wasserflächen geleitet, indem sie zeigten, dafs jene mehr den Nordpol der Erde umlagern als den Südpol, und mehr gegen unsern Osten zusammengedrängt sind, als gegen den Westen.

Aus diesem Doppelverhältnifs der Vertheilung, ergiebt sich, bei Berücksichtigung des Vorherrschens der starren und flüssigen Form, von selbst, die Anordnung einer nordöstlichen Landhalbkugel und einer noch gröfsern südwestlichen Wasserhalbkugel, welche wol den gröfsten Contrast auf dem Erdballe bilden; ein Verhältnifs das man (mit Erweiterung des Begriffs der Benennung, Erdkreis, im Sinne der Alten), mit dem Gegensatze des grofsen Erdkreises und des grofsen Wasserkreises bezeichnen könnte, so dafs von einer continentalen wie von einer pelagischen Seite des Erdplaneten die Rede sein kann. Die gegenseitige Begrenzung beider Kreise, welche sich nicht durch eine blofse Linie bezeichnen läfst, sondern durch eine breite Zone, die über Wasserflächen und Gestadeländer hinziehend, leicht sich selbst ausweiset, umkreiset den ganzen Erdball, und durchsetzt den Äquator, in Nord-Ost der Mosambikstrafse, und am Küstenmeere von Peru, etwa in einem Winkel von 45 Grad. In der Mitte der nördlichen Landhalbkugel, oder dieses grofsen Erdkreises, liegt der, durch seine gesteigerte Civilisation alle andern Erdräume beherrschende Theil von Europa, durch möglichst vielseitigste Berührung mit der grofsen Continentalform des Planeten, in dem Mittelpunkte der gröfsten Wirksamkeit, mit der am weitesten gewonnenen Sphäre seiner historischen Einwirkungen und Entwicklungen.

In die Mitte der Wasserhalbkugel, oder jenes grofsen Wasserkreises, wurden dagegen die australischen Gestade und Inselgruppen, ganz aufserhalb aller natürlichen, frühzeitig entwickelnden, Berührungen mit dem grofsen Kreise der Continente gestellt, daher jene Völker, unsre Antipoden, nothwendig erst nach den vollendetern Kunstmitteln oceanischer Schiffahrt, also nach dem Ablauf der Weltgeschichte von Jahrtausenden, mit hereingezogen

werden konnten, in den Kreis allgemeinerer Civilisation. Blos ihre räumliche Stellung auf dem Planeten bewirkte dieses Verhältnifs, so wie die merkwürdige Aneignungsfähigkeit Europa's, für die Mannigfaltigkeiten der übrigen Landwelt, und die frühere Zeitigung universeller Cultur zu rückwirkender, allgemeinerer Ausbreitung, bis zum äufsersten Ring des Landkreises, wenigstens mitbedingt ward, durch diese centrale Stellung zum Planeten, oder durch die Weltstellung des Theiles zum Ganzen.

Durchaus verschieden von der Lage der zerstreuten und aufser des Zusammenhangs gestellten Austral-Länder, ist die, der nur scheinbar gleichartig auseinander liegenden Gebiete anderer Erdtheile, wie Amerika's, Afrika's und eines grofsen Theils von Ost-Asien. Der Landhalbkugel zugehörig, liegen diese wirklich der gemeinsamen Mitte, räumlich, weit genäherter; doppelartig günstige Formen von Land- und Wasserverbindungen verschiedenster Art, drängen sie, der Zeit nach, noch näher gegen den grofsen Schauplatz des gemeinsamen Weltverkehrs, welcher sich, in jeder Hinsicht zuerst, und am ergreifendsten in der Mitte der Landhalbkugel, dem Boden der alten Weltgeschichte, nur entwickeln, und von da die Sphäre seiner Wirkungen erweitern konnte. Daher tragen auch fast alle Ländertheile der Landhalbkugel in ihren Erscheinungen, Produkten, Bevölkerungen, Sagen, Denkmalen und Geschichten, wenigstens analoge Spuren jener Einwirkung eines allgemeinern frühesten Zusammenhangs, desto mehr, je näher sie der gemeinsamen Mitte stehen, desto weniger, aber individualisirter in allem, je weiter davon entfernt und den Enden des grofsen Erdkreises angehörig; sie scheinen dagegen den vom Continente unberührten fernen Inselländern der Wasserhalbkugel die man nicht etwa noch Nachbarinseln derselben nennen kann, gänzlich zu fehlen.

In dieser Hinsicht sind nur die äufsersten Südgestade der Continente von Südamerika und Südafrika, mit, zum isolirteren Gebiete der Australländer zu zählen, nicht blos, weil sie über jene Begrenzungslinie hinausragen in das vom Ocean vorzugsweise beherrschte Gebiet, sondern weil ihnen auch, durch die ihnen im Rücken liegenden, ungünstigern Gestaltungen ihrer Oberflächen, nicht die Vortheile des allgemeinern Landzusammenhanges zu gute

kommen konnten. Wenn sie auch nicht ganz die Natur isolirter, oceanischer Inseln annehmen konnten, so gehören sie doch jenem Gürtel, oder der grofsen Zone von Gestadeländern an, welche die Wasser- und die Landwelt des Planeten scheidet. Ein Gürtel von vielfach verengten, theilweis oder ganz zerrissenen, abgesprengten und vereinzelten Gliedern, oder Inseln, ringsum die äufsere oder die oceanische Peripherie der Landhalbkugel, ein Kranz welcher nur an zwei Stellen, in verschiedenen Breiten ganz durchbrochen ist: Einmal in der gröfsten Annährung zum Südpol, durch den breiten äthiopischen Ocean zwischen Cap Horn und dem Cap der guten Hoffnung, und Einmal, in der gröfsten Annährung gegen den Nordpol, durch die enge Behringsstrafse zwischen NO. Asien und NW. Amerika. In der gleichartigen Gesammtstellung dieses Gürtels von Gestadeländern, des einzigen in seiner Art auf der Erde, an der Peripherie der Landhalbkugel, gegen den grofsen südlichen Wasserkreis des Planeten liegt das gemeinsame Verhältnifs ihrer Abwendung von der continentalen Seite der Erde, ihrer Übergänge und Annährung an das Charakteristische der oceanischen Südwelt, wogegen die Unterschiede, welche die climatischen Abwechslungen in diesen Gürtel bringen, sich nur wie Arten zu Gattungen verhalten. Es fallen in diesen Kranz der Gestade, die Südenden von Amerika, Südafrika, über Madagaskar hin, die Südenden Hinterindiens mit den Sundischen Inseln, die vulkanreichen Inselzüge am Ostgestade Asiens entlang, über Japan hin, bis Kamtschatka, Alaschka, NW. Amerika, Californien und am vulkanreichen Westgestade Amerika's zurück, bis wieder gegen das Südende dieses Erdtheils.

Der Contrast dieser eigenthümlichen Gegeneinanderstellung, ganz verschiedenartig überzogner, gröfster Breiten des Planeten, die vorherrschend mit dem feuchten oder trocknen Elemente bedeckt sind, scheint für dessen Organisation gleiches, ja noch überwiegendes Gewicht zu haben, wie dessen mathematischer Contrast des Nordens und Südens an beiden Polen, und wie dessen klimatischer, den man mit dem Ausdruck der Einen Tropenwelt und der beiden Polarwelten, bezeichnen kann.

Von diesen dreifachen, sich in ihren Berührungslinien und Mittelpunkten merkwürdig durchkreuzenden und gegenseitig bedingenden Gegen-

sätzen, beruht der erstere nur auf der eigenthümlichen, horizontalen Ausbreitung der festen und flüssigen Form; also auf dem einfachsten Verhältnisse, ist aber von einem das Ganze beherrschenden Einflusse, der selbst das beweglichste und unbestimmbarste, die den Erdball umschwebende Lufthülle unmittelbar berührt, und wie die Sonne durch Licht und Wärme so durch die Feuchtigkeit immerfort umbildet und gestaltet. Denn die eine Hälfte derselben, mit dem Übermaafs des Feuchten erfüllt, erhält den oceanischen Wolkenhimmel mit den hängenden Meeren; die andre Hälfte mit dem vorherrschend trocknen, klaren, continentalen Lufthimmel, wölbt sich, vorherrschend über das Maximum der trocknen Ausbreitungen hin, wie jene die Mitte des Wasserkreises beherrschen, indefs ihre allgemeinsten und regelmäfsigsten Ausgleichungen über der grofsen Zone der Gestadeländer zu suchen sind in welche z. B. die Region der Monsune fällt u. a. m. Mit der Bedingung des klimatischen Gegensatzes ist durch diesen Contrast des Feuchten und des Trocknen, der aus der allgemeinen Weltstellung der doppelten Formen hervorgeht, das allgemeinste Verhältnifs der grünen Bekleidung der Erde bezeichnet.

II. Die Gruppirung der Erdmassen.

Ein zweites, von dieser allgemeinsten Vertheilung beider Hauptformen des Festen und Flüssigen, ganz verschiednes Verhältnifs, ist das der Gruppirung der Erdmassen an der Planetenoberfläche, die in ihrer rigiden Gestalt, von der Mitte nach aufsen, wie die Blüthenseite des planetarischen Gewächses sich zur Atmosphäre hin, dem Sonnenlichte entgegen hob, und als Fruchtboden voll der mannichfaltigsten Keime von Entwicklungen, mit der Schönheit der Landschaft überzogen, vielartig sich entfaltete, und auf sehr verschiedene Weise zur Entwicklung höherer Bildungen sich aufschlofs.

Diese Gruppirung begreift zwar, jene, im Nordosten vorherrschend gewordne Masse der Continente mit in sich, zeigt aber aufserdem noch, das für Länderbildung wichtig gewordne Phaenomen der Massenanhäufung gegen

die gemeinsamen Mitten, und der Sonderung und Zerspaltung, an den Umsäumungen der Peripherien.

Der Erdglobus zeigt, wie den nördlichen Polarkreis die beiden grofsen Vesten der Alten und Neuen Welt in grofsen Breitenausdehnungen, bis über den 70ten und selbst bis gegen den 80sten Grad nördlicher Breite umlagern, wo ihre auslaufenden Landspitzen und Vorgebirge, sich einander bis auf geringere Strecken begegnen, ja, wie zwischen NO. Asien und NW. Amerika beinahe bis auf Tagereisenbreite gegenseitig berühren. Dieser weiten Ausbreitung gegen den Norden, ist überall nach dem Süden hin, die Verengung der Continente entgegengesetzt, ein Contrast von Ausdehnung und Zusammenziehung im Allgemeinen wie im Besondern, vorherrschend im Grofsen, und bis zum Kleinen sichtbar.

Das Verlaufen aller einzelnen Erdtheile gegen die nicht arctischen Seiten, zumal aber gegen den Süden, in keilförmig sich verengende Enden Halbinseln, Glieder, zeigt sich auf jedem Globus sogleich; gegen die Wasserhalbkugel hin, bilden nur noch schmale Vorländer und endlich nur Inseln in sporadischer Zerstreuung die letzten Repräsentanten der Continentalform, bis auch diese im Gebiete des freien Oceans fast in blofse Klippen zersplittert sind, oder gänzlich verschwinden.

Eben dieser Gegensatz der Ausdehnung und Zusammenziehung nach Mitte und Enden, mit dem strahligen Auseinandergehen der Erdflächen von einem gemeinsamen, aber doppelt in die Alte und Neue Welt gesonderten Stamme, gegen die Glieder hin, gibt der Gesammtgruppirung ihren Hauptcharakter, der für das Ganze wie für die Entwicklung aller untergeordneten Gruppen und Ländertheile, von dem entschiedensten und dauernsten Einflusse gewesen, und durch das, zum räumlichen Drittheil gröfsere Übergewicht der Gewässer über die trocknen Flächen, noch überall gesteigert und verstärkt werden mufste.

Aus dieser Gruppirung ergibt sich, dafs die arctischen Länderbreiten, eben daher, auf dem Erdkreise, überall einander räumlich benachbart geblieben sind; sie zeigen darum auch, unter den verschiedensten Längengraden, minder verschiedenartige Erscheinungen, als andre, mit ihnem unter

gleichen Erdmeridianen, aber viel weiter auseinander gerückt liegende Lokalitäten der Erde. Sie stehen, wie es scheint, einander geognostisch sehr nahe. Die organischen Bildungen sind durch einander mehr genäherte Formen und einfachere Verhältnisse bedingt, zeigen in den beiden getrennten Haupttheilen der Alten und Neuen Welt, mehr verwandte und gleichartige Gruppen als sonst wo, und selbst die Ausbreitung der Völkerschaften, welche zu ähnlichen Familien und Stämmen gehören, mufsten sich diesem nähern Verwandschaftsgrade der arctischen Anordnung fügen.

Aber nicht nur die arctischen Enden der Erde überhaupt, sondern alle gegen den Norden vorragende Enden der Erdtheile insbesondere, weil sie mehr der gemeinsamen Mitte zugestreckt liegen, blieben, unter sich in nähern Verwandtschaftsgraden ihrer Gesammterscheinungen als die Südenden der Erdtheile, die überall durch verhältnifsmäfsig weitere Meeresstrecken auseinandergerückt sind, und darum unter den verschiedenen Meridianen, eben so vielfach sich unterscheidende, in sich abgeschlossene und von den andern charakteristisch verschiedene Welten von Erscheinungen darbieten, wie dies nicht nur die Südenden der drei grofsen Erdtheile, Amerika, Afrika, Asien zeigen, sondern auch wieder im Besondern die vereinzelten Südenden des tropischen und östlichen Asiens und die des temperirten Europa's. Denn überall zeigen hier die Längenabstände der Länder, vom Aufgang zum Niedergange, fast eben so viele verschiedenartige Ländersysteme, mit allen hiezu gehörigen Erscheinungen, so, dafs nicht blos nach den Breiten der Erde, sondern auch nach ihren Längenabständen specifisische Unterschiede in den Bildungen und Productionen der Planeten stellen sich zeigen.

Das strahlige Auseinanderlaufen und die Gliederung des Umkreises der Landhalbkugel, hat mehr natürliche Abtheilungen und Unterschiede, die von der doppelten Form des Festen und Flüssigen bedingt werden mufsten, an den äufseren Enden der Gruppirung festgestellt, als gegen ihre gemeinsame Mitte. Darum mufste auch schon, ohne den hinzutretenden klimatischen Unterschied, der indefs das seinige zur Steigerung des Charakteristischen beitrug, dort, die gröfsere Mannichfaltigkeit contrastirender, in

sich abgeschlossener Ländersysteme mit eigenthümlichen Charakteren hervortreten, zu denen die Übergänge mehr oder weniger fehlen; da hingegen, nach der gemeinsamen Ländermitte, die gänzliche Verschiedenartigkeit abnimmt, mehr übergreifende Verhältnisse aller Art eintreten können, Übergänge nach allen Seiten nicht blos im Climatischen möglich wurden, und so der Schauplatz der classisch gewordnen Weltgeschichte, derjenige war, welcher in doppelter Hinsicht, durch seine Stellung zur Gesammtgruppirung aller Landschaften der Erde vorgebildet war, zu der Bestimmung die er erfüllt hat, zur Ausgleichung des Contrastirenden der Länderräume, in physikalischen und historischen Erscheinungen.

Die eigenthümlichen Vortheile, welche aus dieser grofsen Anordnung der horizontalen Länderbreiten, nach einer gemeinsamen Ländermitte, die demnach durch die mehr harmonische Auflösung contrastirender Verhältnisse charakterisirt erscheint, für die bezeichnete Planetenstelle und ihre allgemeinere Entwicklung hervorgingen, würden indefs, wie in den partiellen Mitten der Erdtheile geschehen ist, gröfstentheils wieder verschwunden sein, wenn die Ausbreitung der continentalen Mitte vollkommen, das heifst ohne alle Unterbrechungen ausgefallen wäre, und dadurch die nordöstliche Landhalbkugel in ihrem Maximum des Vereins, des merkwürdigen Ineinandergreifens beider Formen beraubt hätte, welches zu der mannigfaltigsten Entwicklung der centralen Länderbreiten, eben so nothwendig war, als zur reichsten Austattung ihrer äufsern Umsäumung.

Wie die physikalische Erscheinung überall die mathematische Construction bedingt, so ist auch hier die Zusammenschiebung der Continente nicht vollkommen ausgefallen, sondern, selbst in der Mitte der grofsen Gruppirung unterbrochen. Diese wassererfüllten Unterbrechungen welche wir Meerengen, Strafsen, Buchten, Golfe, Mittelländische Meere, selbst Theile des Oceans nennen, wie das Nordeismeer und der nördliche Atlantische Ocean, sind bei aller Gröfse dennoch gegen die völlig freien Gewässer der von allen Seiten offenen Wasserhalbkugel nur als eingeengte Wasserbehälter, als eingeschlossene Mittelmeere, als continental, zu betrachten, im Gegensatz der vorzugsweise freien und offenen oceanischen

der südlichen Wasserwelt. Denn obwol diese Meere einander ganz gleichgestellt zu werden pflegen, so haben sie doch als zweierlei Klassen mehr entgegengesetzte Verhältnisse und Eigenschaften, die vorzüglich aus dieser räumlichen Stellung hervorgehen. So z. B. in dem, was den Wassern ihr Leben gibt, und bei Betrachtung der Raumverhältnisse charakteristisch für sie wird, in der Bewegung. Indefs die einen, nach aufsen freiliegenden den allgemeinsten Gesetzen derselben in ihrer Regelmäfsigkeit folgen, nehmen die andern, wegen der mannichfach sie unterbrechenden Hemmungen, entweder gar nicht an der allgemeinen Fluthenbewegung Theil, wie die Binnenmeere Europa's und andere, oder zeigen verschiedene, von den allgemeinen erst abgeleitete Erscheinungen wie die Nordsee, oder, wenn auch die unmittelbaren Fluthenbewegungen noch auf sie einwirken wie auf den breiten Kanal des Atlantischen Oceans, dennoch eine, dem allgemeinen Rotationsstrom im freien Ocean von Ost gen West geradezu entgegengesetzte, allgemeine Bewegung von Amerika gegen Europa hin, woraus sich allein schon deutlich genug ergibt, wie, durch die Stellung der Gewässer gegen die Ländergruppen, auch ihre Natur bedingt werden mufste; denn der Art und Weise der Bewegung folgt die Umwandlung vieler andern Verhältnisse der Gewässer nach.

Diese durchbrechenden Meeresstrafsen, mit ihren eigenthümlichen hin- und herwogenden Bewegungen und Strömungen, haben die völlige Abscheidung der gemeinsamen Ländermitte von der oceanischen Südwelt, und der grofsen äufsern Gestadezone, theilweise wieder aufgehoben, zumal gegen den Westen hin, und so den europäischen Erdtheil dem oceanischen Weltverkehr, der Zeit nach (durch Fortbewegung auf dem flüssigen Elemente) weit näher gerückt als der Raum es gestattete, wodurch die Lage dieses Erdtheils vor allen andern ausgezeichnet ist, indem sie die Vortheile des centralen mit denen der peripheren Länderstellung vereinigte. Gleichartige Vertheilungen, gröfsere Isolirungen und andre Stellungen der Erdtheile über das Rund des Planeten, würden die Bedingungen zu ganz verschiedenartigen Entwicklungen auf demselben gewesen sein.

Mit der eigentlichen Trennung der Landhalbkugel in zweierlei Hauptstämme der Alten und Neuen Welt, und deren untergeordnete Sonderung, in die vier gröfsern Welttheile, ist, für die grofsen Durchbrüche oder die continentalen Meere die günstigste Form der einander benachbarten Gegengestade auf weite Küstenlinien hin erzeugt, durch welche die Nordwestenden der Alten Welt und die Nordostenden der Neuen Welt ganz besonders ausgezeichnet sind, eine Küstenform deren weckender und bereichernder Einfluſs, weit über ihre unmittelbar räumliche Grenze hinaus, sich von selbst ergibt, wenn man auch nur an die Gegengestade denkt, unter deren begünstigendem Einflusse die Völker der Alten Welt, die Phönicier, Ägypter, Griechen, Karthager u. s. w. standen, an die des Scandinavischen Nordens, und die der Neuern Zeit in Westeuropa und Nordostamerika.

Diese Küstenform ist aber, bis auf kurze nur im einzelnen begünstigte Strecken, dem äufsern Saume der Landhalbkugel versagt, kommt nur dortigen Inselgruppen zu gute, nicht aber den Continenten, die zu weit auseinander gerückt sind, um wechselsweis leicht erreichbare Gegengestade zu bilden, für die Bewegungen der Gewässer, die Strömungen, die Winde, für die Wanderungen der Thiere, der Floren, der Völker und der Kulturen. Nur die vollendetste Schifferkunst konnte die Südenden des Planeten verknüpfen.

Alle diese Hauptverhältnisse, hängen nur allein von der eigenthümlichen Anordnung der Ländergruppen und der Wasserflächen, oder von jener Vertheilung nnd Gruppirung in Bezug auf das Ganze des Erdrundes ab, und eine grofse Reihe allgemeiner und besondrer Erscheinungen, die im Einzelnen sich leicht verfolgen lassen, findet, für alle Unterordnungen der Länder, in den besondern Verhältnissen, die aus diesen allgemeinen der horizontalen Dimensionen unmittelbar hervorgehen, ihre hinreichende Erklärung.

III. Stellungen der einzelnen Erdtheile.

Ganz andre Erscheinungen haben die, von jener allgemeinen Anordnung verschiednen, aber mit ihr vereint wirkenden, besondern Stellungen und Ausbreitungen der einzelnen Theile der Erde gegeneinander, bedingt.

Europa, das kleinste Festland, von dem grofsen durchbrochnen Ringe der Continente umgeben, und Australien die gröfste Insel, vom freien Ocean umflossen sind die Nord- und Südländer in der Mitte der Erd- und Wasserkreise, der continentalen und pelagischen Seite des Erdplaneten. Europa wäre dieser Stellung gemäfs, im Maximum der vereinten Continente, der continentalste aller Erdtheile vorzugsweise zu nennen, der Übergang, das Verbindungsglied Aller zu Allen. Auch der historischklassische Boden des westlichen Vorderasiens und der Umsäumung Nordafrikas, nehmen ihren Antheil an dieser Weltstellung, in deren Mitte das reichste Gegengestade des Mittelländischen Meerbeckens sich ausbreitet. Der Einfluſs dieses Erdraums auf den Kulturgang der ganzen Erde und ihrer Bewohner, für die Nähe und weiteste Ferne, ist bekannt und mitbedingt durch diese in ihrer Art auf dem Erdrund nicht zum zweiten Male wiederkehrende, unstreitig günstigste Vertheilung der Räume und Formen. Von jeder andern Erdstelle, könnte man, den äufsern Umständen gemäfs, die nothwendig längere Dauer und die noch gröfsern Schwierigkeiten und Hemmungen durch räumliche Bedingungen für solche Entwicklung universeller Civilisations- und Kulturverhältnisse, der Analogie gemäfs wohl nachweisen, und die gleich alten Kulturanstrebungen ähnlicher Art in andern Lokälitäten, welche bei der reichlichsten Mitgift doch der Anlage für die universelle Entwicklung entbehrten, wie in der indischen und chinesischen (Kultur) Welt, scheinen darauf hinzuweisen, dafs, wie überall das Unsichtbare in seinen Wirkungen an gewisse Schranken der Erscheinung gebunden ist, auch der Entwicklungsgang der Bewohner der Erde in einer gewissen Harmonie mit der Organisation der irdischen Heimath steht, der sie unmittelbar angehören.

Eine allgemeine cosmische Anordnung in der räumlichen Stellung der Erdtheile nach Licht und Wärmevertheilung, Auf- und Untergang der Ge-

stirne, hat seit ältester Zeit die Aufmerksamkeit der Völker erregt, und durch den Hergang der Geschichte auch historische Benennungen erhalten, welche in ihrer Art grofse Züge zur Charakteristik der Räume angaben, die hier nur anzudeuten, und für das Ganze zu erweitern sind. Seit alter Zeit betrachteten die Völker der Erde Asien als das gemeinsame Morgenland, nannten Europa das Abendland, und bezeichneten, durch die Weltstellung nach der Sonnenbahn, diese Erdräume selbst als Gegensätze mit den bekannten Namen Orient und Occident, welche in allen Erscheinungen dieser Räume ihre Anwendung finden. Zwischen beiden, mehr südwärts liegt das Land der Äthiopen, Afrika, gleichartig zu beiden Seiten des Äquators, der wahre heifse Süden des Erdballs, der am Südpol nicht zu suchen ist, sondern in der Erleuchtungsmitte des Planeten, wie die helle, heifse Mitte des Tages zwischen Morgen und Abend.

Zu diesen Dreien bilden die Nachtseite der Erde, nach den Ansichten der Alten, oder die weiten Ausbreitungen der Nord-Polarländer den wahren cosmischen Gegensatz: denn am Südpol, dem mathematischen Gegensatze des Nordpols, findet sich keiner, weil dort das Gebiet der Wasserwelt und ihrer Erscheinungen ist.

Amerika bildet in seinem weitern Abstande den ganzen Westring des grofsen Erdkreises, und mufs, da Europa nur für eine verschwundene Durchgangsperiode als der Occident der Alten Welt erscheinen konnte, und seine Bestimmung als Übergangsglied des Ganzen erfüllt hatte, das jüngere Ziel der Völkerbestrebungen werden, die Neue Welt, das Abendland, im Gegensatze der Alten Welt, die ihr schon zum Morgenlande geworden ist.

Keines dieser historischen Verhältnisse mit der Fülle der zugehörigen Erscheinungen und Entwicklungen, konnte, weil ihm die räumliche Basis mangelt, dem australischen Süden zu Theil werden, dessen Festland in seiner Isolirung, einer Insel des Oceans gleicht, und so nur, als das gröfste Gestadeland der südlichen Wasserwelt, seinen Beitrag zum Allgemeinen zu geben, berufen zu sein scheint.

Dieser cosmischen Anordnung der Erdräume entsprechen auch Gesammtverhältnisse der Natur und Geschichte, die zum Theil in dem Ent-

wicklungsgange des Menschengeschlechts sich ausweisen; aber auch die Stellung der einzelnen Länderräume erhält dadurch ihre besondre Charakteristik, und der bedingende Einfluſs, den sie unter solchen räumlichen Constellationen, zumal in den merkwürdigsten Übergangsgliedern auf die Entwicklung der Völker und der Begebenheiten ausübten, wäre in den Völkerhistorien einer weit gröſsern Beachtung wohl werth.

Sieht man auf das einzelne der Erdtheile, so zeigen sie in Gröſse, Länge und Breite, Zurundung und Gliederung charakterisch sehr verschiedenartige Verhältnisse ihrer Ausbreitungen die nicht ohne Einfluſs bleiben konnten.

IV. Gröſse.

Daſs Asien der gröſste Erdtheil der Alten Welt war, machte ihn und seine Bewohner von Anfang an fähig, reiche und mannigfaltige Gaben an seine westlichen Nachbarn, die Erdtheile von geringern Umfange zu spenden ohne selbst zu verarmen, und ohne jene, da ihrer zwei verschiedene waren zu denen doppelte Wasser- und Landbreiten führten, zu überfüllen und in ihrer selbständigen Entwicklung aufzuhalten oder zu stören. Daſs Europa an Raum beschränkter war, beschleunigte, im Gegensatz der colossalern Erdtheile, unstreitig, seine mehr harmonische Entwicklung in seinen leichter überschaulichen Raum- Völker- und Staatenverhältnissen, und förderte bei der dadurch nicht minder gesteigerten Regsamkeit seiner Kulturvölker, und der Anweisung ihrer eignen Küstenbildung auf die Gegengestade, Entdeckung und Kolonisirung der übrigen Erde.

Die räumliche Gröſse Amerika's, bei der durch die insularische Natur vermehrten Empfänglichkeit für die Gaben der Alten Welt, und bei der geringern Zahl und Schwäche einheimischer Bevölkerung, sicherte, mit dem Fortschritt der Zeit die Verwandlung desselben in ein transatlantisches Europa, wodurch ein Erwerb der Jahrtausende, aus der gemeinsamen Mitte, in wenig Jahrhunderten, dem weitern Erdkreise zu gute kam. Der sehr

geringe Umfang der australischen Länderbreiten, läfst überall dem oceanischen Weltverkehr, freiere Bewegung und Spielraum als ein weit verbreitetes, armes, so lange Zeit vorhanden geglaubtes, antarctisches Polarland gestatten würde. Der Nachtheil der Lagerung der arctischen Polarländer, wird aber durch ihren geringen Umfang und ihre allgemeinere Zerstücklung, sehr gemindert; ihre Stellung im Ringe der Continente um die gemeinsame Ländermitte (also nicht etwa in unerreichbarer, oceanischer Ferne, sondern in der Nachbarschaft der thätigsten Bevölkerung des Planeten), hat ihren Einfluſs auf das Ganze nicht hemmend sondern vielmehr unmittelbar anregend und entwickelnd gezeigt.

Das Verhältniſs der Gröſse der Erdräume wird indeſs mit dem Fortschritt der Civilisation und ihrer gesteigerten Kunstmittel, überall, wie mehr und mehr jedes physische Element des Planeten als ein untergeordnetes zurücktreten.

V. Verhältniſs der Längen- und Breitenausdehnung.

Sehr verschieden ist die Länge und Breite der Erdtheile vertheilt; mehr gleichartig in Afrika und Australien und daher ihr weit zurückliegendes Inneres, zum Theil wenigstens gleichschwer zugänglich von allen Seiten geblieben. Amerika, höchst ungleichartig, wegen weit überwiegender Ausdehnug von Norden nach Süden, gegen die doppelartig wechselnde Breite von Westen nach Osten, uud darum bei der ersten Enthüllung sogleich in seiner verengtesten und selbst oceanischzugänglichsten Mitte, beherrscht von der Gewalt der Fremden; an seinen breitern Enden ähnliche Erscheinungen darbietend, wie jene beiden in ihren Mitten zeigen. Asien für sich, noch weit mehr aber mit seiner westlichen Fortsetzung Europa, ist, umgekehrt, von Osten nach Westen in die gröſste Länge ausgedehnt, und schon allein in diesem Gegensatze der beiden vereinten, alten Kultur-Erdtheile, gegen alle übrigen, zeigt sich eine merkwürdige vorausgebildete Anlage näherer

Verwandtschaft und gegenseitiger Bedingung in allen Naturerscheinungen und Völkerbegebenheiten.

Im ununterbrochnen Zusammenhange sind diese beiden Erdtheile vollkommen um die halbe Erdkugel der Länge nach hingelagert, von Osten nach Westen, fast vom 1ten bis über den 200ten Grad östl. Länge von Ferroe hinaus. Die Breitenlagerung von Süden nach Norden, ist dagegen, sehr untergeordnet; in Asien, das ganz im Norden des Äquators zurückbleibt, beträgt sie kein $\frac{1}{4}$ des Erdumfangs, reicht nicht vom Pol bis zum Äquator, in Europa kein $\frac{1}{6}$, da die vereinte Längenausdehnung beider gegen $\frac{1}{2}$ der Erde beträgt.

Ganz das Gegentheil zeigt Amerika's Lagerung, seine gröfsere Ausdehnung von Süden nach Norden, nimmt gegen $\frac{1}{2}$ des Umfangs der Erdkugel ein, die Ausdehnung von Osten nach Westen, ist dagegen sehr untergeordnet kaum über $\frac{1}{5}$. Die Ausbreitungen beider Welten, stehen also in dieser Hinsicht im gröfsten Contraste, und nicht gleichgültig konnten die Folgen sein welche durch diese Naturanordnung in der Ost- und Westwelt bedingt wurden.

Amerika streckt sich daher durch weit mehr Zonen der Erde hin, als Asien; seine einzelnen Länderräume sind durch weit mehr Klimate, der Zahl nach durch doppelt so viele unterschieden, Asien hat von dessen klimatischen Wechseln nur die Hälfte erhalten zwischen Äquator und nördlichem Polarkreis. Amerika hat also eine weit gröfsere klimatische Sonderung seiner Ländertheile zu erleiden; Asien hat bei gröfserer Mannichfaltigkeit seiner Oberflächen dennoch einen gröfsern klimatischen Zusammenhang. Dieser grofse Unterschied der Ost- und Westwelt, würde zu einem schroffen Gegensatze zwischen beiden geworden sein, wenn nicht wieder andre mildernde Verhältnisse (z. B. das vermittelnde Streichen seines grofsen Meridiangebirges der Cordillere von Süden gegen Norden) theilweise einträten. Dennoch mufste dieser climatischen Sonderung auch die, aller Productionen, so wie die ethnographische Sonderung der Menschengeschlechter folgen, desto mehr, je weniger Fortschritte die Kultur gemacht hatte, um die Hindernisse der Natur durch Kunstmittel und den Fortschritt der Civilisation zu über-

bieten. Asiens gröfsere klimatische Einheit, hat auch die gröfsere Gemeinschaft, die harmonische Entwicklung der Menschheit, auch ohne die Fortschritte der Schiffahrt mit in Rechnung zu bringen, die möglichst innigere Verbindung der Völker, den gegenseitig möglichen Austausch ihrer Sitten, Gebräuche, Ideen, Religionen und überhaupt alle hoher gesteigerte Kultur seit dem ersten Anbeginn von ihrer Seite vielfach bedingt und gefördert. Asiens Stammgeschlechter konnten allerdings eher aus der gröfsern klimatischen Einheit einer gemeinsamen Heimath in die klimatische Vielheit des Erdballs übergehn, und sich in Besitz seiner Landschaften vertheilen als umgekehrt. Sie hatten wenigstens bei ihren uns historisch bekannt gewordnen Vertheilungen und Wanderungen, keine vernichtende Contraste zu überwinden, denen, in den entgegengesetzten Richtungen, so viele wohl eher hätten unterliegen müssen; den verwandten Klimaten und Heimathsverhältnissen konnten sie wenigstens nachgehn, es eröffnete ihnen die Alte Welt auf die günstigste Weise, ihren unermefslichen Schauplatz vom Aufgang zum Niedergang. So bildete sich wol in dem östlichen Continent das grofse System des Völker- und Kultur-Fortschritts, in der Richtung von Ost gegen West aus, und zu diesem Ausbreitungsgesetze der Völker und Kulturanfänge, war dieser Theil der Erde, abgesehen von allem übrigen, durch seine räumlichen Ausbreitungen vorbereitet wie kein andrer, indem er jeden Bedarf und Hausrath der Völker den wandernden, wie den sich ansiedelnden Stämmen und Geschlechtern mitgeben konnte.

VI. Zurundung und Gliederung.

Noch bleibt von den allgemeinern auch das Verhältnifs der Zurundung und Gliederung der horizontalen Ausbreitungen bei den verschiedenen Erdtheilen zu beachten übrig.

Afrika bietet in dieser Hinsicht die einfachsten Erscheinungen dar; es zeichnet sich unter den drei Erdtheilen der Alten Welt, durch seine fast in-

selartige Abgeschiedenheit von den übrigen aus, nur mit einer sehr schmalen (wahrscheinlich jüngern) continentalen Verbindung, mit Westasien, durch die Landenge Suez. Seine mehr abgeschlossene Erdgestalt, nähert sich einer elliptisch zugerundeten Figur, mit im Ganzen sehr einförmiger Küstenperipherie; der Längendurchmesser dieser Figur, ist dem Breitendurchmesser fast gleich, und eben so klimatisch gleichartig (bis zum 35ten Parallel) auf der Nord wie auf der Südseite des Äquators hingestreckt. Ohne tiefere Buchten, Einschnitte oder Meeresarme, ist der Umfang seiner Küstenkrümmung, von etwas über viertehalbtausend (3800 M.) Längenmeilen, die einförmigste Küstenumsäumung aller Erdtheile, Afrika hat daher seiner insularischen Lage, und seines grofsen Areals, ungeachtet, verhältnifsmäfsig die kürzeste Küste unter den Erdtheilen, und sein Binnenland hat durch die kärglichste Gestadeform, die möglichst geringste Berührung mit dem Ocean erhalten.

Asien nur nach drei Seiten vom Meere umflossen, macht in seiner horizontalen Ausdehnung mit Europa gegen Westen hin, noch einen gemeinsamen Stamm aus. Zumal seine Ost- und Südküsten, laufen in weitvorspringende Landzungen, Vorländer und Halbinseln aus, welche als eben so viele, mehr oder weniger, getrennte Glieder des grofsen und breiten Erdkörpers zu betrachten sind. Von der Halbinsel der Tschuktschen und Kamtschatka, rund um den Erdtheil über Corea, das chinesische Vorland, die beiden Indien, Arabien, auch gegen West hin bis Kleinasien, nehmen diese Gliederformen, welche Afrika gänzlich fehlen, einen sehr bedeutenden Flächenraum ein, und selbst das sibirische Nordgestade hat noch, wiewol im kleinern dort vorzüglich ungünstigern Maafsstabe, dennoch stärkere Buchtenbildung und dadurch mehr und tiefere horizontale Spaltungen erhalten, als die afrikanische Küste. Dennoch bleibt im Binnenlande Asiens, noch immer ein breiter und langer Erdraum übrig, welcher nicht unmittelbar von einschneidenden Meeren und den Einwirkungen ihrer zugehörigen Formen berührt wird, der sich als der eigentliche Stamm des Ganzen zeigt. Dieser geschlossen gebliebene Theil ist dem Areale nach, noch immer sehr vorherrschend vor dem, welches seine Verzweigungen und seine Glieder ein-

nehmen, Afrika bleibt aber nur als Stamm ohne Verzweigung und Gliederung zurück. Der grofse Einfluſs einer so mannichfaltig entwickelten Küstenform, auf den Reichthum und die Vervielfältigung aller Natur- und Völkerverhältnisse des Erdtheils springt von selbst in die Augen; dessen gesammte Peripherie hat, durch diese Gliederung, eine ganz andre Individualisirung und Steigerung aller Verhältnisse gewonnen, für jeden besondern Ländertheil wie für das Ganze.

Europa der kleinste der drei Erdtheile der Alten Welt, ist, seiner horizontalen Dimension nach, am allermannichfaltigsten gestaltet. Verzweigung, Gliederung, Individualisirung seiner Länderräume, und nicht blos seiner Umsäumungen, ist sein Hauptcharakter. Denn sein von Osten nach Westen langgedehnter aber verhältniſsmäſsig sehr schmaler Stamm, nimmt gegen West immer mehr an Breite ab, und ist durch einschneidende Meeresarme und Mittelmeere, in viele grofse und kleine Halbinseln getheilt, von denen einige wieder in sich gegliedert erscheinen, z. B. die in dieser Hinsicht ganz einzige und sehr merkwürdige Gestaltung Griechenlands, welches die Gestadebildung in höchster Entwicklung zugetheilt erhalten hat. Nicht nur wie Asien, gegen zwei Meeresseiten, sondern auch noch gegen den polaren Norden, zeichnet diese Zertheilung Europas sich im Alten Continente, characteristisch aus, so, daſs dort, seine zum Theil sehr mächtigen Glieder, völlig im Contraste mit dem benachbarten Asien, zweierlei eigenthümlich gebildete Mittelmeere gröſstentheils einschlieſsen, die Ostsee und Nordsee. Durch diese charakteristische Trennung und Abscheidung so vieler Theile seines Festlandes, ist die Küstenumsäumung von Europa, zu einer Küstenkrümmung von aufserordentlicher Länge geworden. Seine durch ihn eingeschlossenen Binnenmeere, machen etwa die Hälfte des Areals seiner trocknen Länderräume aus. Ungeachtet sein Flächeninhalt etwa dreimal kleiner ist als der von Afrika, so ist die Entwicklung seines Küstenrandes fast um das Doppelte gröſser (an 5400 geogr. M.), also das zwölffache seiner Landgrenze gegen Asien. Die Küstenentwicklung Asiens, ist allerdings noch um $\frac{1}{3}$ gröſser als die von Europa, etwa 7000 Längenmeilen, aber das Areal dieses Erdtheils auch mehr als vier Mal bedeutender. Europa ist daher der

Erdtheil mit der relativ gröfsten Küstenbegrenzung, mit der reichsten Entwicklung der Gestadeform auf der Erde; er ist also der zugänglichste von der Seeseite geworden.

In seiner Gestaltung ist die vollkommenste Ausgleichung und günstigste Scheidung der flüssigen und festen Formen auf dem Planeten realisirt, ohne die Nachtheile der völligen insularischen Zerspaltung, die wir, in einem etwa gleich grofsen Raume wie der europäische, am Südostende Asiens, in der Sundischen Inselgruppe wahrnehmen, welche nur eine Steigerung und Fortschritt derselben Bildung durch noch gröfsere Abscheidung darbietet, und in sofern durch zu grofse Gliederung den vollkommensten Gegensatz, zum Mangel aller Gliederung wie in Afrika, bildet, zwei Extreme welche ungleichartig und entgegengesetzt auf Naturverhältnisse wirken mufsten, aber gleichartig hemmende Formen für die Entwicklung und den Fortschritt ihrer menschlichen Bewohner waren, die dadurch nur bis zur Stufe der blos continentalen oder blos litoralen Kultur sich erheben konnten, wie Neger und Malayenvölker gethan. Europa erhielt, in dieser Mitgabe der Küstengestaltung, zu jenen oben bezeichneten Stellungen, noch die Vervollständigung aller räumlichen Naturbedingungen, zur Realisirung des merkwürdigen Factums, dafs auf dem kleinsten der Erdräume, sich die gröfste historische Mannigfaltigkeit im Menschengeschlechte entwickeln konnte, und dafs der kleinste die Herrschaft der gröfsten erlangen sollte.

Bei Afrika kann von keinem Verhältnifs der Glieder zum Stamme des Erdkörpers die Rede sein, denn diese fehlen dort gänzlich; keine seiner Küsten hat bei dem Mangel günstiger Formen die Verschiedenartigkeiten und Reichthümer anderer Gestadeländer im höhern Maafse erhalten, und alle einheimischen Bewohner dieses Erdtheils, bilden, in ihrer grofsen Verbreitung gegen diejenigen andrer Erdtheile, eine sehr einförmige Völkergruppe, und sind überall in ihren beschränkteren blos continentalen Verhältnissen zurückgeblieben. Asien ist, in seinen Länderräumen gegliedert, und zumal gegen Südost und Süd, in die reichsten und gröfsten Halbinseln getheilt, deren jede für sich eine eigenthümliche Welt von Erscheinungen darbietet, die den Erdtheil unerschöpflich bereichert haben (so die Chinesische Welt,

die Hinterindische der Malaien, die Hindostanische, die Arabische, die Kleinasiatische). Aber die ländertheilenden Meere, dringen, bei ihm, doch noch nicht individualisirend bis in die Mitte seines geschlossenen Körpers ein. Diese breite Mitte erhält sich, immer in ungeheurer, fast unnahbarer Ausdehnung; das Areal der Glieder tritt noch immer sehr, gegen die Masse des Erdkörpers zurück. Die Natur und die Völkerverhältnisse entwickelten sich höchst mannichfaltig und jedesmal ganz eigenthümlich auf dem verschiedenartigen Boden seiner Glieder; aber weit einförmiger in der Mitte, und es konnten jene, schon vermöge der grofsen scheidenden Form in ihrer gemeinsamen Mitte (wenige temporäre Ausnahmen ungerechnet), zu keiner vollkommnern gegenseitigen historischen Vermittlung, Berührung, Verkehr, Austausch der Gaben und Kräfte gelangen, und — das Mittlere Asien blieb noch immer vom Äufsern des Erdtheils, vielfach geschieden und gesondert. Bei Europa hat sich das Verhältnifs dieser Ländertheile ganz anders gestellt; wenn bei Asien das Areal der Glieder zum Stamm, wie $\frac{1}{5}$ zu $\frac{4}{5}$ Theilen betragen mag, so verhält es sich dagegen in Europa, wie $\frac{1}{3}$ zu $\frac{2}{3}$ Theilen. Die Glieder haben also, eine weit gröfsere Bedeutung gegen den Stamm gewonnen, sind vorherrschend in ihren mannigfaltigen Bildungen geworden. Dieser tritt in geringerer Masse gegen seine Extremitäten zurück, bringt nirgends Hemmungen, sondern sein Boden ist überall Vermittlung der Gliederung. Die Wirksamkeit der Meere und die Gestadebildung verbreitete dadurch ihren Einflufs auf und durch den ganzen Continent; kein andrer Erdtheil ist ihm darin gleich. Sein Binnenland hat dadurch die gröfstmöglichste Berührung mit dem Ocean erlangt, und die centralen Länder zugleich die Anregungen und Vortheile der Seegestade. Die reichhaltigste, geschichtliche Entwicklung des reichgegliederten europäischen Bodens und seiner Völker und Staaten, entsprach dieser natürlichen Grundlage. Nicht blos durch die halbgetrennten Glieder des Erdtheils, sondern auch durch die ganz getrennten, durch die Inselbildung, ist Europa's Gestade, vor vielen andern charakteristisch bereichert. Nicht durch die Menge der fernen, oceanischen, zerstreuten, welche keinem der Erdtheile, vielmehr dem Ocean angehören, sondern, durch die bedeutende Gröfse und Zahl der benachbarten

Inseln welche das Gestade begleiten, und als wahre insularische Erweiterungen des Continents anzusehen sind, wodurch der Reichthum der Glieder sich verdoppelt und verdreifacht.

Diese fehlen Afrika fast gänzlich; Asiens Südostgestade begleiten sie in so aufserordentlich grofser Zahl, dafs jenes Labyrinth der tausend Inseln von denen die Sundischen nur die flächenreichste Gruppe ausmachen, ohne bedeutendere Wechselwirkung mit dem Continent, seine Welt für sich gestalten mufste.

In Europa wo die Areale des Continents, der Gliederung und Insulirung, sich verhalten wie die Zahlen $2 : 1 : \frac{1}{20}$, wo dieses letztere Verhältnifs das relativ gröfste der Art überhaupt ist, sind sie zugleich sehr günstig vertheilt und so gestellt, dafs sie selbst als vermittelnde Übergänge zu den benachbarten Erdtheilen dienen mufsten.

Nur Amerika ist in dieser Reihe der Betrachtungen noch kürzlich zu erwähnen übrig, denn es schliefst gewissermafsen die Progession des Kreises dieser räumlichen Umgestaltungen, aller möglichen, dem Wesen nach verschiednen, horizontalen Entwicklungen des Planeten, indem es, in sich, die Gegensätze und die Verdopplungen der Formen der Alten Welt, wiederholend vereinigt. Im Gegensatze des afrikanischen Erdtheils, ist der amerikanische durch ein mittelländisches Meer, das Mexikanische, in seiner Mitte, fast gleichmäfsig in einen verdoppelten Continent verwandelt, dessen verbindende Mitte, die Landenge, an sich, zwar immer breit genug, relativ, für den Erdtheil nur gering zu achten ist, und durch die, jede Communication hemmende Form ihrer Oberfläche, zur Scheidewand des Nordens und Südens werden mufste, der nur durch die Meere in Wechselverkehr treten konnte, sowol für Natur wie für die Geschichte des Erdtheils.

Für diese Verbindung der im übrigen geschiednen continentalen Hälften im Norden und Süden, spielt die grofse centrale Inselgruppe, welche Amerika auszeichnet die Rolle der Vermittelung, wenigstens seit ihrer ersten Entdeckung durch die oceanischen Fremdlinge und Einwandrer. Der übrige getrennte Norden und Süden Amerika's, haben beide, in den horizontalen Dimensionen sehr viel analoges, gröfsere Breiten im Norden, Breitenab-

nahme gegen den Süden, eine dem afrikanischen Dreiseit genäherte Gestalt, die sich zweimal wiederholt, und durch die Landenge verknüpft ist. Auch ist wenigstens theilweise, hierdurch eine gewisse Einförmigkeit der Küstenumsäumung bedingt, und der Süden Amerika's steht in dieser Hinsicht dem einförmigsten der Erdtheile, Afrika, am nächsten, von dessen innerer Oberflächentwicklung die seinige indefs völlig abweicht, wegen ihres gänzlich verschiednen hydrographischen und orographyschen Systems. Eine gröfsere Mannichfaltigkeit der Küstenumsäumung zeigt der Norden des Erdtheils, dem die günstige Gliederung zu Theil ward, zumal gegen den Atlantischen Ocean hin. Die gröfsten Bayen und mittelländischen Meere, welche so tief und mannichfaltig in den Norden Amerikas einschneiden verschaffen diesem, einen grofsen Vorzug vor dem Norden Asiens, und geben ihm, an seinen Süd- wie an seinen Nordenden, von Binnenmeeren bespült und manniehfaltig gestaltet, der mehr polaren Annährung ungeachtet die gröfsere Zugänglichkeit, und seiner ganzen Ausbreitung den Naturcharakter Europa's, welchen die climatische Stellung unterstützte; eine Ausbreitung der Planetenstelle, welche mit dieser Vorbildung, bei dem Verhältnifs der Gegengestade, und der dadurch bedingten Meeresbewegungen, in der möglichst kürzesten Zeit, zu einem verjüngten Europa sich umgestalten sollte, und die Civilisation bis in den höchsten Norden der Erde zu verpflanzen berufen zu sein scheint.

Wenn es sich aus diesen Bemerkungen, über die Vertheilung der wesentlichsten, horizontalen Formen der Erdräume ergeben sollte, dafs auch in diesen eigenthümliche Entwicklung, Fortschritt, Steigerung der Verhältnisse und Individualisirung jeder Planetenstelle sich zeigt, und ein gewisses natürliches System der Anordnung dieser räumlichen Verhältnisse, nicht zu verkennen ist, so wird auch die Entwicklung aller übrigen Erscheinungen, auf dieser räumlichen tellurischen Grundlage, nicht ganz diesem widerstrebend, zufällig oder willkürlich, sondern durch sie bedingt, jedesmal nur statt finden können.

Aber die volle Wirkung solcher räumlichen Verhältnisse auf das Besondre und Allgemeine, kann, nicht aus einer einseitigen Ansicht derselben hervorgehen. Die horizontale Dimension, die geographische, ist nur diese eine Seite räumlicher Verhältnisse, unter welcher die Länderstrecken erscheinen. Zur vollständigen Anschauung ihrer Gestaltung und deren Einwirkungen gehört nothwendig die vertikale Dimension der Räume, die physikalische, welche jene hundertfältig ergänzt und bedingt. Beide im Zusammenhange ihrer Gestaltungen, Bildungen, Verhältnisse, Gesetze und Einwirkungen betrachtet, können erst zur lebendigen Anschauung der Oberfläche des Planeten und ihrer Einwirkungen auf Natur und Geschichte führen, oder zu einem natürlichen Systeme Geographischer Wissenschaft.

Digitized by Google

Der Roman vom Fierabras, Provenzalisch.

Von

Hrn. BEKKER

der Akademie der Wissenschaften vorgelegt am 19. October 1826.

Das Gedicht, das ich die Ehre habe der Königl. Akademie vorzulegen, ist mir freundschaftlich mitgetheilt von Hrn. Lachmann, der es vor zwei Jahren, auf einer litterarischen Reise durch Süd-Deutschland, aufgefunden: ein unverhoffter Fund, und desto willkommner, je weniger vorher von epischem Gesang aus der Provence bekannt gewesen. Die Fabel des Fierabras war freilich bekannt genug aus Spanischen, Französischen, Deutschen und Englischen Bearbeitungen (1).

Erhalten ist dieses merkwürdige Denkmal ritterlicher Poesie in einer Handschrift von 71 Pergamentblättern in 4to, die Seite zu zwei Spalten, die Spalte zu 36 Zeilen, mit farbigen Anfangsbuchstaben für die Absätze, abwechselnd roth und blau; früher (1716) im Besitz *maioris monasterii congregationis S. Mauri*, jetzt in der fürstlichen Bibliothek zu Wallerstein.

Von Form und Ton des Gedichtes zu reden dürfte nunmehr unnöthig sein. Bemerkenswerth aber bleibt die Übereinstimmung mit den Nord-Französischen Epopöen. Die letzteren liegen indefs noch immer ungedruckt und unbeachtet, auch nachdem der urtheilsfähigste Kenner die Aufmerksamkeit darauf zu lenken gesucht hat (2): es bedarf einer Probe, um jene all-

(1) Am vollständigsten verzeichnet, von Hrn. Professor F. W. V. Schmidt, in den Wiener Jahrbüchern der Litteratur, Band 31, S. 135 f.

(2) L. Uhland über das Alt-Französische Epos, in Fouqué's Musen, Jahrgang 1, Quartal 3, S. 58.

umfassende Ähnlichkeit anschaulich zu machen. Dazu mag folgende Stelle aus den Haymonskindern dienen (1).

Mais bien souvent disoit le bon duc (Regnault) en secret
"biau Sire dieu de gloire, par vostre dinité
m'avez de vostre grace bonnement conforté,
tant qui j'ai tout mon vœu accompli à mon gré.
de vifve vois celestre m'avez vous conforté:
par che point m'avez vous devers vous appelé.
et quand fustes cha jus en vraie humilité,
et vous préchiez la loy où sommes gouverné,
vous amis appelliés disant *sequere me.*
vous disiés qu'ils suivissent vo voie en amisté,
et vous haiez honneur de temporalité
et richesse enssement de grant autorité.
ceulx qui avoir veuillent sauvement empetré,
doivent richesse fuir et du monde le vanité,
et doit suivir le voie de droite verité
en foi, en paschience et amer povreté."
Ainsi li noble dus, qui tant ot signorie,
a l'amour Ihū Crist nuit et jour estudie.
....en hay l'onneur de le mondaine vie,
et dit qu'il s'en ira en estrangne partie,
où veu ne sera d'omme de sa lignie,
sara de povreté le penanche enkierkie.
une nuit le bon duc jût avec s'amie,
moult orent devizé ensamble le nuitie.
un pau devant le jour s'est le dame endormie.
et le duc se leva qui che char ot viestie
d'une cote de gris, qu'il ot apparcillie.
et quand fut apointiez tout a se commandie,
a le duchoize vint qu'il amoit sans faintie.
puis prist fort a plourer à celle départie,
et dit moult douchement "adieu, me douche amie.
je m'en vais en essil pour dieu qq'ie prie
qu'il vous doinst maintenir en tel estat vo vie
que vois aiez enfin de dieu le compaingnie."
adonc se départy et tenrement larmie.
bien savoit tous les estres de celle manandie:
de laiens est issu si c'on ne le vist mie.
et sachiez que li cuers forment li a temie
de che qu'il laist se femme et se bielle maisnie.
mais en dieu avoit si son entente fichie

(1) *Le livre des quatre fils Aymon, cod. Reg.* 7182.

que toute vanite de che monde en oublie.
et dieu li en rendy parfaite courtoysie:
[car] martyr est appellé, che tesmogne clergie
se legende qui est de vraye approprie:
car il fu pour bien faire mis a mort par envie
ainsi que vous orez se me vois est oïe.
Ainsi s'en va Regnaud qui tant ot renommee.
moult estoit desirans d'eslognier se contree.
mais de ly vous lairay un pan, s'il vous agree:
diray de le duchoise a le chiere senee.
ou matin se leva, au moustier est alee.
puis revient en le salle le duchoise honoree,
et li frere Regnault y font leur assamblee.
adone leur demanda le duchoise nostree
qu'estoit le duc Regnault, qui l'avoit espouzee.
et chil ont respondu qu'il ne savent riens nee.
on l'a quis en maint lieu toute jour a journee.
et li chamberlens a le duchoise appellee,
et li dit "noble dame, se m'ame soit sauvee,
Regnault s'en est alé en estrangne contree.
mais de toute sa robe n'en a riens emportee:
celle qu'il viesti hier ay maintenant trouvee."
quand le duchoise l'ot, moult en fut effraee:
bien pense qu'il s'en va en le forest ramee.
si frere ont pour le duc mainte larme plouree,
et montent les kevaux sans nulle demouree:
le duc Regnault ont quis par toute la contree.
VII jours très tous entiers leur paine ont gastee.
a Tresmongue s'en vinrent faisant chiere effraee,
et ont a le duchoise le chose racontee,
dont elle fut au euer forment desconfortee.
de la doleur qu'elle ot est keue pasmee.
mais des freres Regnault fu bien reconfortee.
aveuc li demourerent et moult l'orent amee.
Or diray de Regnault, s'il vous plest et agree,
qui par grant povreté cherqua mainte contree.
un jour vint a Coulongne, celle cité loee.
pour dieu a en la ville l'amosne demandee.
mais dedens le eite ot une plache lee
ou on ot une eglize commenchié et fondee;
et là vit de machons nne grande assamblee
et des povres varles qui le pierre ont portee.
dont li vient en avis par devote pensee
que tant que celle eglize sera faite et fondee
aidera le machons et soir et matinee,

et là voira gaingnier loyaument se journee.
Ainsi est avisé li nobles duc Renaux.
lendemain au matin ains que levast li solaux
en est venus a l'euvre li bon duc naturaux,
et a pris a porter et pierres et cailliaux.
chacun s'est esbahis qu'il porte tels fardiaux:
car du porter fu tous en chargiez uns kevaux.
dont li maistre de l'oeuvre disoient par cembiaux
"amis, foy que je doy dieu, vous estes bon vassaux.
li aultre ont six deniers, vous aurez deux saux."
au viespre li voloient donner sans nuls deffaux:
mais que quatre deniers ne prist li duc [qui fu] loyaux.
et sachiez qu'oncques plus n'en vuelt prendre ayaux.
de l'un estoit payez ses lis et ses hostaux,
et le second estoit aux messes naturaux,
li tiers donnez pour dieu qui est esperitaux,
du quart avoit du pain, de quoy il estoit saux.
voire une fois le jour plus ne mengoit li...
car ainsi le tesmongne se legende royaux.
Ainsi li duc Regnault droit à Coulongne estoit:
quatre deniers par jour pour se labeur prenoit.
aux ouvriers de laiens moult forment en pesoit
pour che que leur journee on leur appetisoit,
que quatre deniers n'orent si com Regnault avoit,
et ainchois qu'il venist six on leur en donnoit.
dont dit li uns a l'autre "nostre gaigne decroit,
et tout par che glouton. par le dieu ou on croit,
il no viveroit guere qui croire me voroit."
"par foy," che dit li aultres, "je voel bien qu'ensi soit.....

E nom de dieu le payre que ns a totz a jutjar,
e de la dossa vergi on se volc azombrar,
comense ma chanso, e vulhatz l'escoutar,
qu'es de vera istoria e fay mot a lauzar.
l'istoria fon trobada a Paris sotz l'autar,
que la trobet us monge c'om apela Richier,
al mostier Sant Denis sotz lo maestre-autier.
clergues era èl segle, e si fon cavayer,
e trays esta chanso don li moc son leulier
per lo cosselh de Karle que l'avia en chier.
pus que dieus fe Adam et Eva sa molher,
non fo una trobada que mais fes a prezier.
son es de la corona del rey qu'es dreyturier,
que en Jerusalem se laychet turmentier
e del fer d'una lansa e playar e penier,
e dels santes clavels don li feyron passier
las palmas en la crotz e los pes clavelier.
diray de las relequias que tant fan a prezier,
que payas enporteron, li culvert aversier,
can l'almiran d'Espanha anet Roma brizier,
e so filh Ferabras, c'avia lo cor tan fier
que non romas en Roma mas can un sol mostier.
aquel fo de Sant Peire, que dieus volc restaurier.
et una sol capela hi romas a brizier,
qu'es de Santa Maria, que Jesus volc salvier.
mas las dignas relequias no y volgro pas laychier:
mas apres en moriro pus de cc milier.
del fort rey Ferabras vos volray comensier,
et de la fort batalha que fetz ab Olivier.
Senhor, ar escoutatz, si vos platz, et aujatz

canso de ver' istoria: milhor non auziratz,
que non es ges mensonja, ans es fina vertatz.
testimonis en trac avesques et abatz,
clergues, moynes, epestres e los sans honoratz.
a San Denis è Fransa fo lo rolle trobatz,
et auziretz lo ver, si m'escoutatz en patz,
ayssi cum Karles maynes que tant fo reduptatz
fo premiers en Espanha trebalhatz e penatz,
e conquis la corona don dieus fon coronatz,
e lo digne suzari don fo envolopatz,
e los santes clavels e ls signes honoratz.
a Sant Denis en fo lo trezaurs aportatz,
et aujatz la razo ayssi cum es vertatz.
Karles a sos baros en la ost amenatz:
devas per totas partz los a totz asemblatz,
que unà legua te la ost per totz los latz.
L'emperayre de Fransa a sa ost somonia
de Flandres e d'Espanha, d'Alamanha e de Friza,
que del cap de Bretanha entro en Lombardia
no y romas cavayer no lh vengues en ahia.
las ostz Karle s'ajustan èls pratz sotz Hurbaria,
e lay pogratz vezer tropa tenda tendia,
tant trap, tant pavalho on lo aur resplandia.
de lonc dura la ost una legua demia.
lo duc Raynier lay fo ab sa cavalayria,
e'n Simonel ..... lha am bela companhia,
e'n Girart de Viana am mot grant baronia:
Karles li commandet tota l'ost en baylia.
autras gens lay menet, cuy dami-dieu maldia,
los parens Gaynelo que tostemps fan bauzia.
mot fo granda la ost e ricament garnia.
ancque pus una nueg no pres albergaria:
tant van per lors jornadas la gran cavalayria.
passan vilas e borexs e boys e pradaria,
et intran en la terra de la gent payania.

ardon vilas e borcxs, no laychan res en via.
Contastinoble preyro e la terr' an sayzia.
outra s'en son passatz, e si l'an establia:
car Karles y laychet del miels de sa maynia.
avant van per la terra creychen de senhoria.
Rollans fetz l'avangarda ab sa gran baronia,
e' l pros coms Olivier on Karles mot se fia:
la senha Sant Denis Karles li a baylia.
et Augier lo Daynes fo en l'autra paria,
e cavalguet amb el Richart de Normandia.
e detras venc lo rey ab sa gran baronia.
de lonc dura la ost una legua demia.
Els vals sotz Morimonda es Karles albergatz.
no y a Frances no sia mot be entalantatz,
e totz aquels que son amb els encompanhatz,
de querre la corona don dieus fon coronatz,
e lo digne suzari on fo envolopatz.
mas si Jesus no n pessa, qu'es us e trinitatz,
ja no sera le jorn de lendema passatz
que Karles l'emperayre n'er dolentz et iratz.
car us Turc de Maragoyle los a totz espiatz.
can ilh devo pujar, als Turcxs s'en es anatz.
a Maragoyle s venc lo Turc totz esfredatz:
ab sa votz que ac clara a los Turcxs escridatz.
"senher rey Alichandre, e com etz enganatz!
l'emperayre de Fransa es en la terra intratz,
e trastot lo pays er ades degastatz:
en pus de mil partidas es pres et alucatz.
èls vals sotz Morimonda es Karles albergatz
ab tot aytal barnatge et ab aytans armatz
que anc non vi aytans luns hom de mayre natz."
can l'enten Ferabras, anc no fon pus iratz.
de mal talent et d'ira es es et abrazatz,
et estrenh fort sas dens et a ls somcils levatz:
lun temps no fon payas aytan fort corrossatz.

et escridet sos homes "mas armas mi portatz,
e vos autres apres mantenent vos armatz.
per aycel Bafomet a cuy mi son donatz,
jamay no finaray c'auray Frances trobatz."
ara es Ferabras en un caval montatz;
cen melia cavayers en a ab si menatz.
lo franc caval d'Espanha fo mot gent essenhatz:
pus de lx homes a mortz et afolatz;
no l donaria lo rey per l'aur de x ciutatz.
costa lo rey cavalgua Brustamon l'almiratz.
devas Contastinoble s'es lo rey regardatz,
e vic sos castels ars e pres et alucatz.
ab tant veus un paya qu'es duramen nafratz,
que sotz l'auberc ne salh lo sanc vermelh betatz.
ab sa votz s'es lo Turc autamens escridatz.
"senher rey d'Alichandre, cum etz dezeretatz!
pres' es Contastinoble e ls murs escrebantatz,
e tota la gent morta c'us no n es escapatz,
mas ieu tant solament que m'en soy gent emblatz."
ad aquesta paraula cay del caval plasmatz.
cant o vic Ferabras, mot ne fo esfredatz.
Lo paya d'Alichandre a auzida la novela,
e podetz dir a certas que no li fo ges bela.
per mot fer talent mal sos Sarrazis apela.
"armatz vos" ditz lo rey, "montatz sus vostra sela.
si m'iray enboscar èl boy sotz la ramela.
si Karle pues trobar en bosc ni en valeya,
la testa li tolray de ma trencant espeya.
de Rollan so nebot espandray la cervela,
de luy et d'Olivier que tota l'ost capdela.
lors testas trametray a Floripar la bela."
ar si fay Ferabras armar en la pradela.
ja de las suas armas non diray pus noela.
el demandet Florensa don trenquet la namela:
Moredas la y portet que de paor chancela,

si que del nas li n ieys de sanc plen' escudela.
pueys li an amenat son caval de Castela.
Ferabras s'es armatz èls pratz sotz un vergier,
èl pueg sotz Morimonda, on son aut li rochier,
ad una fontanela depres un olivier.
x almiratz lay ac per luy aparelier.
sas armas no podia negus hom trop prezier.
doblamens lo armero del fer e de l'acier.
el no redupta home lo valent d'un denier.
iij espazas li baylan li felo aversier,
Baptisma e Gramanh Florensa d'Anticlier.
Ferabras cenh Florensa a son latz senestrier.
per las regnas li tengro lo sieu bausa destrier.
la sela fo d'evori mot precios e chier.
lo rey salh sus la sela, qu'estrieup no volc toquier.
a son col a pendut son escut de cartier,
cubert d'un cuer de jana e be obrat d'acier.
tot fo penh d'aur batut: no y ac autre mestier.
xv blocas y ac faytas totas d'ormier,
et en cascuna bloca un carboncle mot clier,
que pus fort resplandian que braza en brazier.
be semblet rey terrestre, can fo sus el destrier.
pueys trosset dos barrils, que fan mot a prezier,
a l'arso de la sela que portet son destrier,
que tuh son ple d'un basme don dieus si volc onchier:
plagua qu'en sia oncha no pren pueys pejurier.
el los conquis en Roma al maestre-mostier.
al destre pen lo basme, car li avia mestier,
e Gramanh a senestre a l'arso del destrier.
anc dieus no fe en terra lunh melhor cavayer:
si volgues Jesus creyre ni son cors bategier,
el valgra be per armas Rollan et Olivier.
e Sarrazi montero en apres e milier.
Ferabras d'Alichandre cavalguet tot premier.
las regnas alonguet al seu bausa destrier;

anc no fon tal caval per son senhor aydier.
so es caval d'Espanha que sol la gent mangier;
pus tost cor de rando no vola esparvier.
ayssi amor al rey cum feyra un lebrier.
per desotz Morimonda passan per un sendier,
e traverseron l'aygua per mieh un bruelh ramier.
una selva trobero desotz un gran roquier,
e c melia payas fc lo rey enbosquier.
si pot, fara a Karle un mortal encombrier,
et a trastotz los autres: car li son aversier.
L'emperayre de Fransa no s volc pus atarzier.
lo mati sus en l'alba fe l'ost aparelier:
pus pres de Morimonda se volra albergier.
l'ost es encaminada, cargah son li saumier;
Frances si son armatz, li vassalh dreyturier.
l'emperayre de Fransa en apelet Augier
e Rollan so nebot e'l pros comt Olivier,
lo duc Buoves de Chartres e Naymes de Bavier,
e'l pros Teri d'Ardena, Berart de Monleudier,
En Arnaut de Berlanda e so frayre Raynier,
e mans d'autres baros qu'aras no m letz nomnier.
"baro," so ditz lo rey, "ieu vos vuelh totz preyer.
payas gardon los pas: so ay auzit comtier.
anatz saviament, garda us de mal menier,
qu'els Sarrazis felo no us puescan encombrier."
trastot premieyrament respondet Olivier
"l'avangarda faray, si la m voletz baylier.
e si vos quier, mo senher, aquest do tot premier:
de trastot mo servizi no us quier autre loguier."
"certas" ditz l'emperayre, "de vos milhor non quier."
"senher," so ditz Andrieus, "be si deu avansier,
e ben deu far proezas cum valent cavayer."
pueys ditz entre sas dens a for de lauzengier
"ja dami-dieu no plassa qu'en puesca retornier."
Olivier es montatz sus son bausa destrier:

en sa companha foro vij melia cavayer.
e can Andrieus los vic, totz vieus cuyda raugier:
nostre senhor sopleya, lo payre dreyturier,
qu'enans qu' el s'en retorn so cors l'aya mestier.
per mal talant s'en torna desotz un pi ramier,
e menet en sa companha Otos e Berenguier.
per trastota la terra passon li cavayer:
no laychan re ad ardre qu'els puescan encontrier.
de gran xiiij leguas van avan li folrier.
mot sospira lo rey per lo gran dan vengier:
sus l'almiran d'Espanha vol son cois esclayrier.
mas ans que sia l vespre penra gran destorbier.
Ferabras d'Alichandre vic sa terra gastier,
e si n' ac dol ni onta, no us o cal demandier.
ab tant vec vos vengut Galot de Monroquier,
que el avia trames l'ost Karle espier.
si li vay las novelas e tot l'afar comtier,
que Karles a passat la val de Gongomier.
dema volra desay Morimonda passier.
non atenh Sarrazi no l fassa detrenchier.
e ditz que l'almiran fara viu escorgier
et en un gran foc ardre, apres al vent levier;
et aura las relequias qu'en Roma fetz brizier,
e Baſom le lor dieu fara tot debrizier.
can Ferabras l'enten, ples fo de cossirier,
et estreys fort sas dens e pres son cap crollier.
anc paya no l gardet no s prezes a tremblier:
tan fo fers so vizatge, no l' auzan esgardier.
Ferabras d'Alichandre fo de mot gran fertat.
sa terra vic mal meza e son pays gastat:
d'ira que ac lo rey ac lo cor trasuzat.
lo rey salh del vergier sus son destrier comat.
lx melia Turcxs s'en son ab luy anat,
e n'ac l melia ins el bruelh amagat.
et al rey de Milogre son trastuh comandat.

Ferabras d'Alichandre a un pueg davalat.
la batalha auran, no sera trop tarzat.
Olivier lo gentil a mot ben espleytat,
c'ab vij melia baros a la val trespassat.
lo castel era fortz e mot ben ayzinat,
e d'omes e de bestias era ple e tancat.
Sarrazis lay avia qu'ero de gran fertat,
e de mot gran riqueza eron resaziat.
Olivier ab los sieus lay so per so intrat.
no troban Sarrazi, no l'aian crebantat:
descofit son paya et a mort tuh lieurat.
del aver que y trobero son cargat e trossat,
e salhon de la vila ab so que an trobat.
mas si Jesus no n pessa, tost lor sera cambiat,
qu' els payas de la terra se son tuh ajustat.
be son lx melia tuh garnit et armat.
a caval et a pe corro cum forscnat.
porton arcxs e sagetas e cayrels enpenat
e grans espazas corbas de bon acier temprat.
al destreg d'un passatge an los Francxs encontrat.
can Frances los perceubro, mot en son esfredat.
Frances e Sarrazi si son etr' escridat:
no y a mas del ferir, tan si son aprosmat.
lay ac mant colp de lansa e d'espaza donat,
e mant escut fendut e mant ausberc falsat.
Olivier los abat cum hom fay am faus blat;
pus menut los trabuca que no plou en estat.
mas us paya lay venc que porta un matrat:
non passaran li nostre tro n'aia mant tuat.
Olivier venc punhen sul bausa abrivat;
e can vic cel diable qu' es de ta gran fertat,
brandis la bona lansa et a l caval virat,
e venc vas lo paya de tan gran volontat
que detras las espallas li a lo fer passat.
el paya chay a terra: costal pas a bauzat:

pus de vij c Frances li son desus passat;
ab los pes dels cavals l'an tot enbndelat.
can la payana gen viro que mort los hi abat,
la batalha grupiro, fugen s'en son tornat;
per puegs e per montanhas s'en van desbaratat.
Olivier fer e broca l'alferan de bon grat;
èl punh tenc Autaclara am pom d'aur nielat.
cel cuy cossiec a colp, mot a pauc de santat.
dels morts e dels nafratz roman tot enjoncat,
que de l melia no s'en son xx tornat.
pero so que portero no an ges oblidat:
tot an pres e cargat, e y son encaminat.
mas car o campraran ans que sia vesprat,
ques anc no feyron preza don fossen pus irat.
Olivier s'en repayra a tuh siey cavayer,
e so que an conquist no volon ges laychier.
pro an pres bestiar qu' en menan per mangier;
e si menar l'en podo, a l'ost a gran mestier.
mas si Jesus no n pessa, le senhor dreyturier,
jamay no veyran Karle, ans auran destorbier.
qu' Esclamatz d'Amiata es salitz d'un vergier
sus son destrier d'Arabia que volra assayer.
ab tant vec vos vengut a luy un messatgier:
è son cor fo nafratz; no fina de sancuier.
ab sa votz que ac rauca comenset a cridier.
"Esclamar d'Amiata, fay tas gens cavalguier.
vec ti un bar de Fransa c'apelon Olivier;
en sa companha son de Frances vij milier.
x leguas an destruytas de bon pays plenier."
can lo paya l'enten, tot cuyda desenier;
e ditz al Sarrazi "vay, culvert lauzengier:
pesas que per Frances me vuelha esmayer?
per Bafomet mon dien, que totz nos a jutgier,
s'ieu cels que lay son mort encuey no pues vengier
e la preza cobrar, pauc me deu hom prezier."

el escrida sos homes "ana us aparelhier:
las essenhas de Fransa veyretz huey despleyer.
gardatz del ben ferir, nobili cavayer:
car per cel Bafomet, mon bon dieu vertadier,
aquel que fugira, s'ieu lo puesc encontrier,
faray viu en foc ardre o al vent encrozier.
no vuelh que Ferabras me puesca reprovier
qu' ieu fuja per Frances nin aval un terrier."
Sarrazi respondero "trop nos poyretz vantier."
adoncxs pogratz vezer tant paya ayzinier,
sus los cavals que meno montar et afaychier.
ara pens dieus dels nostres e del comte Olivier.
Esclamar d'Amiata fo sul destrier braydis,
que cor pus de randon que no vola perlis.
I melia Turcxs a ab armas eslis.
èls cavals son montatz, èls destriers Arabis.
saviament cavalgo, no fan bruida ni cris.
et Olivier cavalga, l'auferan endemis,
e porta en l'espieut un penonel mot bis:
ad un paya lo tolc que el avia aucis.
Frances van totz armatz detras per us jardis.
Esclamars d'Amiata los a adzuelh chauzis;
en v partz a sos homes arenjatz e partis,
en cascuna partia x melia Sarrazis.
Frances lor son denan, lors escutz denant mis.
pus de iiij c grayles an sonatz e bondis.
tost et irnelamen son denan lor salis,
e los Frances los an am los brans reculis.
mot fo grans la batalha e fers l'escroychedis:
d'una legua plenieyra los a hom ben auzis.
Olivier laycha correr lo caval endemis.
tant cum l'asta li dura, feric Amaravis
qu'el fer e'l fust li a outra l'espalla mis.
del caval lo trabuca, e chay sus los jardis.
del cors li trays sa lansa e'l peno de samis.

pueys a cridat "Monjoya! la senha Sant Denis!"
adonc venc Esclamar sus son caval mot bis.
a tot lo premier colp nos a Gautier aucis,
apres abatet mort Raynols de Sant Denis.
adonc venc Esclamar desus son caval bis.
"Morimonda!" escrida lo Turc, mot s' esbaudis.
"feretz, pros cavayer: Frances son descofis.
encuey farem dolen Karle lo vielh floris."
Olivier autz sa votz et enten sos latis,
et a trayta l'espaza; vas luy venc endemis,
e li dera tal colp: mas el li defalis
que no l poc acossegre, per que el fremeis.
aqui mezeis encontra lo filh Arapatis,
e donet li gran colp del bran qu'era forbis,
que l'elme ni la cofa no li valc un garis.
tot lo fen e l debriza, e trastot lo partis.
mort l'abat del caval, que no y fetz gap ni ris.
apres matet Comdrant et Opine lo gris.
en ben petita dora n'ac ben xl aucis.
adonc cridet "Monjoya, Monjoya Sant Denis!
feret, franc cavayer; mueyran totz cestz maustis:
car els no volo creyre de dieu que mort sufris."
Mot fo grans la batalha, longamens a durat;
e mot fieron Frances, no y an colp reduptat.
cascus tenc son bran nut de bon acier temprat.
de sanc et de cervelas son tuh ensanglentat:
que no y a Sarrazi tan ricamens armat,
si Olivier l'encontra sus son elme gemat,
que no l'abata mort del destrier sojornat.
Olivier punh e broca lo destrier de bon grat;
èl punh tenc Autaclara am pom d'aur nielat.
amont per miey son elme vay ferir Asserat:
filh era la seror Brullan de Monmirat.
Olivier li det tal qu'el cap li a ostat,
si qu'el cap am tot l'elme cazec è miey lo prat.

ayssi sec sus la sela cum s'om l'agues liat,
e'ane no layehet las regnas del caval abrivat.
lo caval torn en fuyta et a n lo cors portat.
can payas an so vist, mot ne son esfredat,
e ditz la us a l'autre "tuh serem pesseyat."
ja foran Sarrazi trastuh desbaratat,
can l'agayt lor ichic dedins lo bosc ramat.
I melia foron tuh garnih et armat;
dels arquiers e dels autres lay ae mot gran plentat.
si Jesu Crist no n pessa, lo rey de majestat,
Olivier e siey home son tuh a mort lieurat.
Lo coms los vic venir, et a dieu reelamat.
"Santa Maria doussa, plena de pietat,
digna flor benezeyta per qui fom restaurat,
pregua lo tieu car filh que tu portiest a nat,
que el mi e mos homes tenha a segurtat."
Olivier pren son grayle, si l'a fortment sonat.
sos homes esgardet et a ls tost estimat.
de vij melia que eran en foro mil mermat;
de eels que lh son romas son li pluzor nafrat.
"senher" dizo Frances, "no y aia re duptat:
nos em tuh del ferir mot ben entalantat."
can Olivier los au, plura de pietat,
car el ve que siey homc son tan assegurat.
dami-dieu en merceya, lo rey de majestat.
Olivier fo alegres e fort asseguratz
per sos homes que ve arditz e conortatz;
c broca son destrier per amdos los eostatz.
Autaclara te trayta am pom d'aur nielatz.
e Frances esperonan, lors fres abandonatz.
adoncas fo l'estorn del tot renovelatz,
don comensa lo chaples e'l mazan per totz latz:
dels nostres e dels lors lay ac motz de nafratz.
ab tan ve us Esclamar ponhen totz abrivatz,
et a brandida s'asta don lo fers fon cayratz,

e fon d'una serpent denant enverinatz:
luns hom a penas guier depus qu' en es tocatz.
lo paya d'Amiata s'eslaycha per los pratz,
e feric Olivier sus son ausberc safratz,
que de pus de xx malhas s'es l'ausberc desmalhatz:
car l'acier fon trencans e' l fer enverinatz,
que no lh val l'alcoto dos deniers monedatz,
que l'espieut no passes per ambos los costatz.
al girar que el fe Olivier n'es passatz
sus lo col del caval qu'en res no s'es crollatz:
mas us rag de sanc l ieys pel senestre costatz,
c'ambedos los estrieups e 'ls cuers ne son banhatz.
lo coms muda e cambia et es descoloratz.
trays si vas una part et es si estancatz.
am la senha d'un pali a sos flancxs gent bendatz.
sus lo destrier s'aferma, et es revertuzatz;
e si no s pot venjar, tornara forsenatz.
cuy el cossiec a colp, mortz es et afolatz.
pus d'una balestada an payas reculatz.
"per fe" dizon payas, "cest hom es forsenatz.
so n es us ver diable qu'es d'ifern escapatz."
el troba Esclamar a l'ichen d'us valatz,
e fetz li may de joy que l'aur de x ciutatz.
lo coms lo fier un colp per miey son elm gematz
qu'entro dejos lo pieytz es lo bran avalatz.
lo coms estors son colp, el rey es crebantatz.
can Sarrazis o viro, doncxs an lors crits levatz.
amb arcxs Turques deserro d'environ per totz latz,
que d'enant et d'areyre los an environatz;
e lansan lor sagetas e cayrels enpenatz.
e li Frances los an am lors brans reuidatz.
que per forsa los an un arpen reculatz.
mas dels Turcxs malazeytz lay a tans escampatz
que ja negus dels nostres no n fora escapatz.
mas en la ost de Karle n'es messatge anatz.

ab Rollan so nebot s'es premiers razonatz.
e can Rollans l'enten, el ne fo mot iratz.
e fo bona ventura qu'enqueras fo armatz.
e vene vas Valenti, et es mot tost montatz,
e Naymes tant can pot, que ges no s'es tarzatz.
en sa companha foro x milier armatz.
entre luy e Berart cavalgo latz e latz,
e fo y Estout de Lengres e Turpi lo letratz.
las novelas son ditas Aloris et Aldratz.
cels eran del linatge de Gaynes lo malvatz,
que fetz la trassio don el fo escorjatz.
cilh pregan dombre-dieu que fo en crotz levatz
que ja no n sia us am vida sol tornatz.
mas si dieu platz, non er ja a lor volontatz.
Lo duc Rollan cavalga totz d'ira alumnatz
d'Olivier son companh, e'au dir que es nafratz;
e Frances apres luy, lors fres abandonatz:
las lansas portan dreytas e ls golfaynos levatz.
tan fort an lors cavals que punhs que galaupatz,
que vengro a l'estorn, e vec los vos mesclatz.
can Rollans vi sa gen si be aparelhatz,
en auta votz escria "senhors, ara clapatz."
et ilh li respondero "volontiers, so sapiatz."
pus d'una balestada an payas reculatz.
de l'un cap entro l'autre s'en son outra passatz.
dels mortz e dels nafratz es lo camp enjoncatz.
Berart de Monleydier s'es mot ben avansatz,
e'l coms Guis de Bergonha e lo coms Guilalmatz,
l'arsivesque Turpi et Estout l'abduratz.
Rollans vic Olivier que fo pel cors nafratz,
e d'una part e d'autra vic sos flancxs sanglentatz.
e si l duc fon dolens, no vo n meravilhatz.
fort repren Olivier ayssi cum hom iratz.
"per dieu" ditz el, "companh, ben dey esser iratz
car senes mi prezetz l'engarda, so sapiatz.

ara vos etz vas me del tot desmezuratz."
"senher" ditz Olivier, "per dieu mi perdonatz.
be say ad essien qu'en dey estre blasmatz."
ab aquestas paraulas vec los vos abrivatz.
sus payas van ferir, lors fres abandonatz;
las testas lor detrencan e ls pes e ls punhs e ls bratz.
l'estorn fora vencutz e' l camp fora finatz,
can us secors lor venc de xx milier armatz,
que Ferabras avia de sa ost desebratz;
e venc de l'autra part Brullan de Monmiratz
e Tenas de Nubia, lo neps de l'almiratz.
l melia foro ab vertz elmes gematz.
ar ajut dieus als nostres per las suas bontatz,
c'ades auran batalha don seran mot iratz.
Mot fo gays Olivier can Rollans fo vengutz.
mas ben agran payas descofitz e vencutz,
can us secors lor venc de xx milier escutz;
e davas autra part entre dos puegs agutz
vengro l melia de payas irascutz.
en un brulhet dissendo, e so s de fer vestutz.
mas l'agayt Ferabras los an reconogutz.
ardidament s'ajustan, et an levat grans brutz.
mas ges nostres Frances no ls an mes en refutz.
de mortz e de nafratz es tot lo camp vestutz.
Olivier lo gentil s'es ben cel jorn vendutz.
lo coms tenc Autaclara don lo pom d'aur relutz,
fer lo rey Tribue que fo filb Pinadutz:
entro justa al pieytz es totz per miey fendutz.
el mostra a payas cum es grans sa vertutz,
Rollans tenc Durandart que fo fers e temutz:
en be petita dora n'a ccc abatutz.
esgarda Olivier que fo pel cors ferutz,
per que fo mot dolens Rollans et esperdutz.
volontiers s'es lo coms costa luy romazutz,
e vay dir a Rollan "no nos combatam pus."

mas tans Turcxs hi avia de totas partz vengutz
qu'encontra un dels nostres a xxx recrezutz.
mot lay agra dels nostres e mortz e cofondutz:
per lo mien essient no n'escapera us.
mas Karles o au dire, que los a socorrutz
ab xx melia baros totz vilhartz e canutz.
Karles crida "Monjoya!" qu'en l'estorn es vengutz.
ab son espieut trencan en a xx abatutz;
pueys a trayta Joyoza qu'encontra l solelh lutz.
cui el cossiec a colp, a la fi es vengutz.
e los vilhartz feriro, grans colps lor an rendutz:
en aycela batalha n'an xx melia batutz;
al chaple de lors brans an payas regrezutz.
l'emperayre de Fransa no esta pas cum mutz,
c'ap l'espaza que porta n' a cc abatutz:
las testas lor detrenca e los pes e los brutz.
payas tornan a futa per mey los puegs agutz.
lo solelh si baychet, e'l ser es aparutz;
e Karles s'en repayra: l'asaut es romazutz.
L'emperayre de Fransa es als traps repayratz,
et el e siey baro an lors cors desarmatz.
Karles fo mot dolens d'Olivier qu'es nafratz.
lo filh Raynier de Gennes dissendet mot nafratz;
del sanc que a perdut li fo sos vis mudatz.
lo payre lo dezarma, per qui fo mot amatz;
entorn le cor li ieys lo sanc vermelh betatz.
lo duc Raynier de Gennes a v metges mandatz.
Olivier an lavat per flancxs e per costatz;
pueys li cercan lo cors enviro per totz latz.
los budels troban sas, no ls a entamenatz:
mas lo veri trobero del fer enverinatz.
lo coms no s pot sufrir, ab tant el s'es colcatz.
no pot vezer som payre, ab tant s'en es anatz.
per lo comt Olivier es lo rey mot iratz.
dels joves cavayers es gran esquern levatz,

e ditz que mays no ls preza dos deniers monedatz:
mot valo mays los vielhs que los joves assatz.
can Rollans l'entendet, el n'es mot corrossatz,
si c'a per pauc no ditz al rey "vos hi mentatz."
ad una part si tray totz d'ira alumnatz.
ab aquestas paraulas lo rey s'en es intratz.
Senhors, auiatz bo sen, si'ntendre l voliatz.
la chanso es ben fayta: melhor no l'auziratz.
Ferabras d'Alichandre fon dolens et iratz.
areyre s'en repayra, sos Turcxs a encontratz.
can el los vic venir ayssi desbaratatz,
am sa votz que ac clara s'es en aut escridatz.
"baro" ditz el, "qui us a ayssi desbaratatz?"
"per Bafomet, bel senher, Karles e sos barnatz.
morts lay es Esclamar; jamay no lo veyratz,
e Tenas de Nubia e lo rey Tribuatz,
que de l melia non a x escapatz."
aqui jagro la nueyt tro 'l jorn fo esclayratz.
endreyt l'alba del jorn, can parec la clartatz,
Ferabras apelet Brullan de Monmiratz
e lo rey Moredas e dels autres assatz.
"baro" ditz Ferabras, "ayssi dreyt m'esperatz,
qu'entro sus que ieu torn d'ayssi no vos partatz:
car per aycel Bafom a cui mi soy donatz,
jamay no finaray c'auray Frances trobatz;
e s'ieu no vengi m'anta, mot ne seray iratz."
et els an respondut "si com vos comandatz."
Ferabras part d'aqui, sos homes a laychatz.
lo bon caval d'Espanha li venc totz esselatz,
et el no y punhet gayre que tost es sus pujatz.
Marimonda traspassa don li mons son ramatz:
jamay no finara, Frances aura trobatz.
L'emperayre de Fransa s'es bo mati levatz.
la messa li a dita sos capelas privatz;
e can el l'ac auzida, a son trap es tornatz.

mot fo grans lo barnatge que lay fon comensatz.
als vals sotz Marimonda es Karles albergatz.
per anar al dinnar es us grayle sonatz.
l'emperayre de Fransa sos baros apelatz.
"ieu vos preg e us coman, can cascus er dinnatz,
que delay Marimonda nos alotgem als pratz.
del comte Olivier soy fortment corrossatz,
car ier fo è l'engarda mot malamen plagatz.
tuh eran descofit (so es pura vertatz),
can ieu lor corregui e mos riches barnatz,
e payas s'en tornero, lors fres abandonatz."
ab aquestas paraulas es l'auriban cornatz.
las tavlas foron mezas e ls ricxs manjars donatz.
mot fo grans lo barnatge, can Karles fon dinnatz:
mas ans que prenga aygua a sa mas per lavar,
Karles sera totz tens et iratz, so sapiatz,
que ve us un Sarrazi è l'engarda montatz.
ja de pus riche home parlar non auziratz,
ni oncas pus fer home de mayre no fo natz,
ni tant valent per armas, si el fos bateyatz.
Mot fo bela la cort, can levo del dinnar:
mas enans prengan aygua hi aura que errar.
l'emperayre de Fransa s'es pres a regardar,
e vic lo Sarrazi en l'engarda montar.
jamays de pus ric home non auziretz parlar.
de las tors de Palerna si fay senhor clamar,
e si anet per forsa en Roma guerreyar,
e tuh cels de la terra fetz asi renegar.
e car las gens no y s volgro am luy senhoreyar,
el fetz destruire Roma e ls monestiers gastar.
mortz lay fo l'apostoli li legat e li bar.
si n portet la corona que tant fay ad amar,
e' l signe e ls clavels don si fetz clavelar,
en portet lo enguen don dieus si fetz onchar,
e' l ver sante suzari don si fe 'nvolopar.

Ferabras d'Alichandre se fazia clamar.
Mot fo l' Sarrazi fers e mal entalentis,
et a gran meravilha es be de fer vestis.
e vic los traps de Karle desotz us pis ramis,
e l'aygla d'aur que lutz co l solelh resplandis.
de lotjas e de traps vic totz los camps vestis.
en auta votz escrida "on etz, rey de Paris?
envia mi justar d'aycels c'an may de pris,
Rollan os Olivier que tan fort son ardis,
o de tos xii pars, si t play ni t' abelis:
ieu no n refudaray per Bafom tro a sis.
e si no ls me envias ayssi cum ieu te dis,
ans del vespre seras a ton trap asalis."
ab aquestas paraulas s'es sotz un aybre mis;
de las armas que porta el s'es ben desgarnis.
Lo Sarrazi dissen desotz l'albre fulhat;
de las armas que porta a son cors desarmat.
al caval tol lo fre, laycha l'anar pel prat.
ab sa votz que ac clara autamens a cridat
"on iest, Karles de Fransa? mot t'auray apelat.
envia m'è l'engarda Olivier ton privat
o Rollan to nebot ab lo cor abdurat.
e si negus d'aquestz es an en volontat,
si n trametetz dels autres, dels milhors del barnat.
e sian iij o iiij, no seran refudat."
e can l'entendet Karles, si a son cap crollat.
Richart de Normandia a lo rey apelat.
"senher due" ditz lo rey, "ja no m sia celat:
conoychetz vos cest Turc que tant aura cridat?"
"senher" so ditz Richart, "ieu vo n diray vertat.
so es lo pus ric home don oncas fos parlat.
no nasquet Sarrazi de la sua fertat.
no preza rey ni comte un denier monedat."
can Karles l'entendet, si a son cap crollat.
L'emperayre de Fransa es fortmen esmayat

et apela Rollan. "bel neps, car no y anatz?"
"senher" so ditz Rollans, "e per que m'en parlatz?
que per aycel senhor que dieus es apelatz,
car mays amaria esser ades totz desmembratz,
que ieu prezes mas armas ni que lay fos anatz.
ier can payas nos vengro al destreyt dels fossatz —
l melia foro, lors vertz elmes lassatz —,
manh gran colp lay donem e n receubem assatz.
Olivier mon companh lay fo greumen nafratz,
can vos nos securetz am vos riche barnatz,
e payas s'en fugiron, lors fres abandonatz.
e can fom a las lotjas et als traps retornatz,
e vos prezetz a dir, per qu'ieu soy mot iratz,
que los viels feyron miels que li jove assatz.
e per l'arma mon payre, non es hom vieus ni natz,
que sia de ma companha, que s'el lay fos anatz,
que ja fos may per mi sostengutz ni amatz."
"a glot" ditz l'emperayre, "cum iest desmezuratz!"
Karles tenc son gan destre que fo ab aur obratz,
e feric ne Rollan entravers per lo natz,
c'apres lo cop n'ichic lo sanc vermelh betatz.
Rollans a mes la ma al bran que ac al latz:
ja ferira son oncle, si no s fos perpesatz.
"ay dieus" so a dit Karles, "e cum soy vergonhatz!
car cel mi vol aucire que mos neps es clamatz.
davas totz homes degra per luy esser amatz.
ja dombre-dieu no plassa qu'en la crotz fo levatz,
que el puesca tant vieure qu'el jorn sia passatz."
et escrida "Frances, ara tost lo m liatz:
jamays no cug manjar tro sia desmembratz."
can Frances l'entendero, totz foro esmayatz:
non lay n'ac tan ardit c'avan sia anatz.
Lo rey ab sos baros si s'es pres a parlar.
"ay dieus" so a dih Karles, "que tot as a jutjar,
ieu no say qui m'azir ni qui m deia amar,

qu' ieu vey que cel mi falh que m degra ajudar."
"senher" ditz le duc Naymes, "aysso laychatz estar:
enans m'enviasetz al Sarrazi justar."
"no say" so ditz lo rey, "qui m puesca enviar."
ar enclina son cap, e pren si a pensar.
Olivier jatz nafratz, lo gentil e lo bar.
us messatge li venc las novelas cumtar,
coma Rollans si volc ab son oncle mesclar.
Olivier n' ac tal dol, de sen cuyda raujar.
al pus tost que el poc si comensa levar.
can lo coms fo en pes, sos flancxs pres a gardar.
de son blizaut de seda fetz un pan esquinsar;
pueys s'en fay totz sos flancxs isnelamen bendar.
e apelet Guari que vic latz si estar.
"vay, si mi fay mas armas sus ayssi aportar.
montarey è l'engarda al Sarrazi justar."
"per dieu, senher, no sia" so ditz Guari lo bar:
"vos vos voletz aucire e vos eys afolar.
si vos prendetz las armas, dieus pens del retornar."
"vassal" ditz Olivier, "tot so laychatz estar.
luns hom no s deu tarzar de son pretz ichansar:
car ieu lo dreyt de Karle vuelh tostemps razonar,
e no li faliray tant cum puesca durar,
pus ieu vey los Frances ayssi espaventar.
a la cocha pot hom son amic esprovar.
vay, aporta m mas armas; no puesc pus demorar."
"senher" so ditz Guari, "aysso m' es mal per far.
mot dolens o faray, pus non o puesc vedar."
sas armas li portet ses pus de demorar,
et Olivier s'armet, cuy que deya pezar.
Lo filh Raynier de Gennes mot ricament s'armet.
Guari sos escudiers sas causas li causet,
et apres del armar son auberc li lasset.
lo coms seys Autaclara que mot fortment amet.
lo blanc caval d'Espanha Guari li amenet.

can Olivier lo vic, de sa ma lo senhet.
lo coms pres lo destrier; sus lo dos li montet.
per la cinta de seda l'escut al col pauzet.
pueys a pres son espieut que Guari li baylet.
lo filh Raynier de Gennes als estrieups s'afiquet
per ayssi gran vertut que los estrieups pleguet.
Lo filh Raynier de Gennes èl caval es montatz,
et a cinta s'espaza al senestre costatz.
l'escut ac a son col, èl cap l'elme gematz.
el a senhat son cors, a dieu s' es comandatz.
comiat pres de Guari, ab tan s' en es anatz.
entro al trap de Karle no s' es pas arestatz.
lay trobet lo duc Naymes e l'estout Guilamatz
e dels baros de Fransa e dels princeps asatz.
lo coms Rollan lay fo corrosos et iratz:
mas mot fort si penet car si fo paleyatz
am Karle lo sieu oncle que tant era onratz.
ar feyra la batalha volonticrs, so sapiatz.
trop s' es tarzatz lo ducxs, e tart s' es perpensatz:
c' Olivier la fara, qui qu' en sia iratz.
ab tan vec vos lo comte que venc totz abrivatz.
entro al trap de Karle no s' es pas restancatz,
e lay on a vist Karle el s' es enrazonatz.
"emperayre de Fransa, senher de grans bontatz,
ja a pus de iij ans e complitz e passatz
qu' ieu prezi companhia ab Rollan lo lauzatz:
pueys non agui del vostre dos deniers monedatz.
mas ara us prec que m sia gazardo aquitatz."
"volontiers" ditz lo rey, "per mon grinho barbatz.
aytantost cum serem en Fransa retornatz,
ja no m queriretz do que no us sia donatz
de borcxs ni de castels ni de ricas cintatz."
"senher" ditz Oliviers, "no us deman als, si us platz,
mas que m detz la batalha d'aycel desbateyatz;
e trastot mon servizi sia vo n aqnitatz."

Can Frances l'entendero, si an entr' els parlat.
"Santa Maria dona, c' a Olivier en pessat,
que combatre si vol et es a mort nafrat?"
"Olivier" so ditz Karles, "as to sen cambiat:
qu'enqueras de tas plagas no t' a luns hom sanat.
vay, bels amicxs, areyre; repauza t' en ton trap:
qu' ieu cuh qu' el cavalgar t' aya trop agreviat.
no ti laychari' anar per l'aur d'una ciutat."
ab tan si dress en pes Gaynelo et Aldrat:
cel senhor los cofonda que lo mon a creat.
no triguet pueys dos ans, so ditz hom per vertat,
que trahiro los pars li fals trachor proat;
don els duy pueys moriro a dol et a viltat.
"senher" so a dit Gaynes, "enquers non ay parlat.
vos nos avetz è Fransa un jutjament donat,
que so que los duy auian deu esser autreyat,
si tot no y es lo ters: per so no er passat.
nos jutjam d' Olivier, per dreyt es acordat
qu' el fassa la batalha ab lo desbateyat."
can lo rey los enten, tot lo sen a mudat.
per mot fer talen mal a Gaynes esgardat.
"Gayne" so a dit Karles, "dieus ti done mal fat,
e cels de ton linatge sian deseretat;
car per ta culvertia as Olivier jutjat.
et ieu vuelh qu' el lay an: ja no er trastornat.
mas per aycel senhor qu'es dieus e trinitat,
que s' il es mortz o pres, tu sapias per vertat
que ieu ti faray pendre coma layro proat,
e trastuh tiey paren seran deseretat."
"senher" ditz Gaynelo, "dieus ne gar mon barnat."
pueys ditz entre sas dens cuendameus a celat
"ja dombre-dieu no plassa, lo rey de majestat,
que jamay el-ne torn a tota sa etat."
Can Karles a auzit que Gaynes a jutjat
Olivier per combatre encontra 'l renegat,

trahidor l' en apela; fortmen l' a menassat.
e pueys vas Olivier a virat son pensat.
"Olivier" ditz lo rey, "dieus per sa pietat
ti sia en ajuda del paya desfezat."
ab tan trays son gan destre, Olivier l' a baylat.
e can lo coms l' ac pres, si lo n' a merceyat.
Ab tan vec vos Raynier, lo gentil duc prezat.
als pes Karle si geta, vay li merce clamar.
"a senher emperayre, aias ne pietat
d'Olivier mon efan, que tu vezes nafrat.
si el mor è l'engarda, trop auray mescabat.
com poyra el durar que tant aia sanguat?
de nien s'entramet, et en fol a parlat:
no pot hueymay romanre, pus lo gan ay baylat."
Olivier fo mot pros, son cors non a mudat.
be seran li dreyt Karle per son cors razonat.
Per denant lo rey Karle si met Raynier lo bar.
"emperayre, encaras ti vuelh merce clamar
per cel dieu que s laychet en la crotz clavelar,
que mo filh Olivier ne fassas retornar:
que tu lo vist ben ier per mieg lo cors nafrar,
e si va è l'engarda, nient es del tornar."
"Raynier" ditz l'emperayre, "no s pot mays trastornar.
receubut a lo gan si que o an vist li par."
D' aysso fetz Olivier que gentil e que bar.
lay on vic los Frances, si los vay apelar.
"baro" ditz Olivier, "trastotz vos vuelh preyar.
s'ieu vos ay re forfayt en fayt ni en parlar,
per l'amor dieu vos prec que m vulhatz perdonar."
can Frances l'entendero, tuh prendo a plurar.
et Olivier s' en vay, no vol pus demorar.
Lo filh Raynier de Gennes comiat a demandat,
e Frances lo li donan, a dieu l'an comandat.
non i a un de totz que non aya plurat.
Karles levet sa ma, e si l' en a senhat.

si s feyro totz los autres, que n' avian pietat.
er s' en vay Olivier, son golfayno levat.
tot suau d'ambladura es al tertre montat.
entro sus al paya no y a regna tirat.
aujatz de Ferabras que jatz desus lo prat.
anc sol no s denhet moure: tan l'ac en gran viltat.
et Olivier li dis (mas no l' a saludat)
"Sarrazi, que vols tu que tant auras cridat?
ar mi di tu qui iest: gara no m sia celat."
so respon Ferabras "tu n'auziras vertat.
ieu soy lo pus ric home que sia de mayre nat.
Ferabras d'Alichandre soy per nom apelat,
e soy cel que destruzi Roma la gran ciutat,
en portiey la corona don Crist fon coronat,
e los clavels e' l signe e l'enguen tant prezat,
que es en cels barrils en la sela trossat:
e non es hom èl mon, per can que sia nafrat,
qu' en begues un pauquet, c'ades no fos sanat.
e tenc Jeruzalem la nobila ciutat
e' l sepulcre on fo vostre dieu repauzat."
"per fe" ditz Olivier, "ieu t' ay ben escoutat.
mot potz esser dolens, car as dieu en viltat.
vay Sarrazi, si t'arma: no y aia pus tarzat.
vec ti Frances que ns gardon de lotjas e de traps,
Olivier e Rollan e tot l'autre barnat.
Sarrazi vay, si t'arma: car trop avem parlat.
o per aycel senhor que nos dona santat,
ieu t'anaray ferir de mon bran aceyrat."
can l'enten Ferabras, un gran ris a gitat,
e ditz ad Olivier "be t tenc per forsenat.
ans que m mova d'ayssi, sabray la veritat,
qui iest ni cum as nom ni de cal parentat."
Lo paya d'Alichandre vay Olivier sonar.
"com as tu nom, amicxs? no m' o vuelhas celar."
"sapias" ditz Olivier, "ieu t' o diray tot clar.

pero autras novelas te vuelh enans comtar.
per mi ti manda Karles, lo rey ab lo vis clar,
c'ades layches Bafom, e fay ti bateyar,
e crezas en Jesu que ns a totz a jutjar.
e si non o vols fayre, ieu ti venc desfizar."
"vassal" ditz Ferabras, "e cum auzas parlar!
si tu mi ves armat, be t dic senes duptar
que auras ardit cor si m'auzas esperar.
mas una re mi di, si dieus ti pues aydar:
quins hom es Karles mayne? fort l'ay auzit lauzar.
e si mi di novelas, quinh son li xij par,
Rollan et Olivier? que trop los aug gabar."
"paya" so ditz lo coms, "per ver ti puesc comtar
c' a l'emperayre Karle no pot hom contrastar;
e so nebot Rollan sapias que a tal bar
qu' enquer no trobet home que s' en pogues onrar.
Olivier son companh se sab ben aydar,
mas ges no val Rollan: no vos o quier celar."
can l'enten Ferabras, anc no s denhet dressar:
desobre son escut mes sa testa colcar.
Quant es fers e salvatges e de gran cruzeltat,
no preza Olivier dos deniers monedatz.
"vassal" ditz Ferabras, "si t done dieus santat:
tu mi di, qui iest tu ni di cal parentat?
so respon Olivier "vos n'auziretz vertat.
hom m'apela Guari, de Peyraguers fu natz.
filhs fuy d'un cavayer c'avia a nom Rossat."
can l'enten Ferabras, un gran ris n' a gitat.
"Guari, ar mi di tu, e no m sia celat:
per que no y es vengutz Rollans lo abdurat,
o l comte Olivier que tan sap de barnat,
Berart de Monleudier os Augier lo lauzat?"
"per fe" dis Olivier: "car ilh t' an en viltat.
mas ieu vuelh far per lor la batalha de grat.
vay sus tost, e si monta: no y aia tan parlat.

o per aycel senhor que fon crucifiat,
ieu t' anaray ferir de mon bran aceyrat."
can l'enten Ferabras, mot n'ac lo cor irat.
"Guari" dis Ferabras, "be sapias de vertat:
may no justiey ab home de si bas parentat,
per que si t' aucizia, pauc aurla gazanhat.
mas so faray per tu no fi per home nat.
ar endreyt montaray sul destrier pomelat,
e pendray a mon col mon fort escut rodat;
e tu punh ton caval tan com poyras de grat.
laycharay mi cazer a terra de mon grat.
pueys pren mon bon destrier; si l ne mena de grat.
gran colp mi vay ferir sus mon escut rodat.
s'ieu fau aysso per tu, faray ti amistat."
so respon Olivier "de folor as parlat.
o vos vulhatz o no, lo destrier laycharatz,
e si perdras la testa ras e ras del costat."
can l'enten Ferabras, tot lo cor n' a irat.
"Amicxs," dis Ferabras, "laycha m am tu parlar.
arditz iest de combatre, mayne fas a prezar.
per Bafomet mon dieu, no t vey re que blasmar.
mas am lunh si bas home no volria justar.
mas envia m Rollau os Olivier lo bar,
Berart de Monleudier, o l' estout Guilalmar.
e si la us no y auza ni venir ni anar,
vengan n' i ij o iij per lor cors deportar.
o si n' i veno iiij, no ls volray refudar."
"certas" dis Olivier, "en fol vos aug gabar,
e de l'un e de l'autre pot hom fol resemblar.
mas ja per tas paraulas no m cutz espaventar.
vay Sarrazi, si t'arma: trop mi fas demorar.
si no, vau ti ferir senes pus esperar."
can Ferabras l'enten, totz vius cuyda raujar.
e leva s de sezens per Guari esgardar,
e vic lo sanc vermelh vas la terra tombar.

gran meravilha n' ac, e volra lh demandar
de cal part ve lo sanc que vetz jus avalar.
Lo paya vic la sanc, que sotz un aybre jatz.
Olivier apelet ayssi cum auziratz.
"Guari, ara m di tu, e ja no m'en mentatz,
si tu iest en ton cors plaguatz ni malmenatz."
so respon Olivier "vos n' auziretz vertatz.
mon auferan es durs e de grans cruzeltatz:
tan l' ay esperonat tro sa sus fu montatz
qu'el sanc vermelh li chay per amdos los costatz."
"certas" dis Ferabras, "Guari, vos hi mentatz:
car la sanc vos a ja totz los estrieups banhatz.
tu iest al cors plaguatz: so es pura vertatz.
mas ve t lay dos barrials a ma sela trossatz,
qne tuh son ple d'un basme don ton dieu fo untatz.
plagua qu' en sia unta (ayssi es afinatz)
ja pneys no parera: aysso es la vertatz.
ar vay, si beu del basme, fay ne tas volontatz:
e seras de tas plaguas mantenen totz sanatz.
pneys t' en combatras miels encontra mi assatz."
Oliviers li respon "de folia parlatz.
ab bon dreg ne seras aunitz e vergonhatz."
Ferabras d'Alichandre si levet ab aytan.
Olivier apelet: si li dis en rizan.
"Guari, ara mi dias, no m' o celes nian:
de cal forma es lo duc c' om apela Rollan?
Olivier son companh, que payas van duptan?"
so respon Oliviers "esgardatz mo semblan,
mo vis e ma faysso: non es son cors pus gran.
Rollans es un palm magers que luy e son estan,
mas trop a el lo cors pns ardit et pus gran.
no dupta rey ni comte, princep ni almiran,
s' am Rollan si cumbat, no l fassa recrezan."
so respon Ferabras "er aug folia gran:
que per la fe qu' ien dey Bafom ni Tervagan,

s' ils eran aytals iiij, cum tu vas devizan,
si ls conquerria ieu am mon espieut trencan."
"Sarrazi" dis lo comte, "trop vos anatz gaban."
Ferabras d' Alichandre mot fo de gran vertut.
largua ac sa forcadura, lonc e plenier lo brut:
oncas luns hom no vic cavayer si membrut.
si volgues adorar lo digne rey Jesu,
no fo anc cavayer de pu fera vertut.
Lo paya d' Alichandre fo mot de gran fertat.
"Guari, per Bafomet, de tu ay pietat
per aysso car ti vey de proez' alumnat.
be m peza car no iest de pus gran parentat:
car s' am tu mi cumbati, enquer m' er reprovat.
vay torna t' en areyre a Karle a son trap:
si m tramet Olivier o Rollan lo lauzat."
"vassal" dis Oliviers, "no t sia en pessat.
vay lay tost, e si t'arma: trop m' auras sermonat.
ieu t' anera ferir, si no m fos per viltat."
Lo paya d' Alichandre mot fe a reduptar.
sona ad Olivier e pres l' a demandar.
"Guari, venet avan e venetz mi armar."
so respon Oliviers "e poyray mi fizar?"
"oc vos" dis Ferabras, "ja no vo n cal duptar:
car ieu no seria trachers tan cum puesca durar."
lo Sarrazi s' armet, no y volc pus demorar.
un cuer de capa d' osa vay a son dos gitar,
e fo blanc coma neu e tempratz per durar.
e desus met l' auberc que a fayt tot daurar.
e desus lo capel si fetz l' elme lassar.
Olivier lo y anet en xxx locxs liar:
so fo gran cortezia, be fay a remembrar.
Ferabras d' Alichandre l' en pres a merceyar.
"Guari" dis Ferabras, "mot fazet ad amar:
mot duramen mi peza s' am tu m cove justar.
empero si pogueses en ton cor atrobar,

volontiers t' en laychera encaras retornar."
Oliviers li respon "laycha tos gaps estar.
fay al miels que poyras, can venra al justar."
"certas" dis Ferabras, "tu fas mot a prezar."
pueys a cinta Florensa que fay mot a lauzar.
e si pendet Baptisma, que tant volc el gardar,
a l' arso de la sela, que es senhatz d'aur clar:
de l' autra part Gramanh, que era be sa par.
anc d' aytals iij espazas non auzic hom parlar.
Ferabras d' Alichandre mot fo de gran fertat,
et a cinta Florensa al senestre costat,
e pueys pendet Baptisma am pom d'aur nielat
e d' autra part Gramanh a l' arso nozelat.
de cels que las farguero auziretz la vertat.
ilh foro filh d' un fabre iij fabres engenrat:
frayre eran tuh iij e d' una mayre nat.
cels feyro viij espazas, don trop hom a parlat.
Aurizans fe Baptisma am pom d' aur nielat
e Gramanh e Florensa, don l' acier fo temprat;
e punhet hi vij ans ans fosen emerat.
pueys fe Murificas ses dire falsetat
Durandart la trenchant, don hom a tant chantat:
Rollans ne tolc la testa a trop deshateyat.
Autaclara e Joyosa ab mot gran diguetat
se la tenc lo rey Karle tot a sa volontat.
ayssi foron li fabre de lor sen esprovat.
Ferabras n' ac las iij, que fo de gran fertat.
can fo aparelhatz, lo bausa ac cobrat.
Mot fo lo Sarrazi ricamens adobatz.
el venc vas lo bausa, suls estrieups es montatz.
a son estrieup tenir s' es lo coms enclinatz.
lo Sarrazi s' afica suls estrieups nozelatz
ayssi per gran vertut qu' els estrieups a cassatz,
et ac sos dos barrils entorsi estacatz.
a son col a pendut son bon escut listratz:

iiij leonetz d' aur hy avia figuratz.
e sayzic son espieut don lo fer so cayratz.
fels so lo Sarrazi, can el so adobatz.
"Guari" dis Ferabras, "ar sui aparelhatz.
encara t clam merce per cel dieu cuy t' iest datz,
que layches la batalha, e faras que senatz."
so respon Oliviers "de folia parlatz:
car ieu non o faria per can que vos aiatz.
si dieus mi vol aydar, qu' es us e trinitatz,
encuey seretz a Karle rendutz pres e liatz."
so respon Ferabras "beñ iest desmezuratz.
mas prec ti e t conjur qu' en digas veritatz
per celas santas fons on tu fust bateyatz,
e per aycela crotz on so ton dieus pauzatz:
qui iest tu? cum as nom? ni qui' s tos parentatz?"
so respon Oliviers "mot soy ben conjuratz.
ieu ay nom Olivier, e suy de Genna natz,
e soy companhs Rollan, e soy dels xij pars."
"certas" dis Ferabras, "ieu m' o sabia asatz.
be say que d' aut paratge es totz tos parentatz.
ar digatz, Oliviers, et on etz vos nafratz?
car s' ieu vos aucizia, que n' er mon pretz montatz?
certas ans ne seria laiamens abaychatz,
s' am cavayer mieg mort m' era en camp justatz."
so respon Oliviers "per mon cap, si faratz.
ja per mort cavayer no cug que mi tengatz."
Lo coms Olivier dis "Sarrazi, bels amis,
home que dieu no cre den ben esser aunis.
mal par la gran proeza don tu t fas replenis:
car tu no crezes dien que en la crotz so mis.
ar giquis tu Bafom, to malvat dieu faytis,
e fay ti bateyar en las fons benezis.
tos companhs er Rollan qu' es tan pros et ardis,
et aytan cum ieu viva seray tos bos amis.
pueys conquerrem las terras tro al port delautis."

Ferabras li respon "laycha estar mos dis:
car qui m donava Fransa et tot l'autre pais,
ieu no seria per vos ayssi leu conqueris.
fortmen mi pezara car tu seras aucis.
mas ara beu del basme que ay en cels barils,
e seras mantenen de tas playas guaris:
pueys cumbatras ti miels e' n seras pus ardis."
so respon Olivier "no plassa dieu lo pis
que sia per mi tos basmes begutz ni transglotis,
si doncxs ieu no l conquier ab mon bran aceyris."
Ferabras d'Alichandre fo gent aparelhatz.
"Olivier, bels amis" so li dis Ferabratz,
"poyrias tu ja esser de batalha tornatz."
"non ieu" dis Oliviern, "de nient en parlatz."
"vassal, doncxs mi laychatz un cartier d' aquetz pratz."
so respon Olivier "a vostras volontatz."
vec vos los dos baros partitz e desebratz.
lors destriers laychan correr trastotz abandonatz.
er auziretz batalha, si en patz l' escoutatz:
jamay de dos baros sa par non auziratz.
li doy baro s' eslaycho, can foro adobatz.
per gran cavalayria es l'estorn comensatz.
Frances los esgardero de lotjas e de traps.
"Ay dieus" so a dit Karles, "bel rey de majestat,
del comte Olivier aiatz huey pietat."
sotz so mantel de pali a son cap enclinat:
estreytamen pluran a Jesus reclamat
c' az Olivier ajut per sa gran pietat.
Mas li baro si brocan et an esperonat,
e la us venc vas l' autre per mot gran volontat.
meravilhozes colps les cavayers s' an datz
èl mieg loc dels escuts qu' eran totz d'aur obratz.
no ls pot gandir le fust ni 'l cuer qu' er' engludatz,
c' abdos lors fers trencans no sian outra passatz.
entro sus cost' al punh son los espieutz trostatz:

per tal vertut los an los auferans portatz.
et els vengro si dreyt, e so s ben encontratz.
de lors escuts ab aur si son ayssi urtatz
si qu' els buels de lors testas si son totz trebolatz;
don los escuts fendero, e son tuh desblocatz,
que naus agra us bome de mieg los pratz cercatz,
que l' us saubes de l' autre vas cal part n' es anatz.
ay dieus, tan bela junta! be foron esgardatz.
los vassals s' encontrero, can foron remembratz.
Ferabras trays Florensa del senestre costatz,
Oliviers Autaclara am pom d'aur nielatz.
per denant lors arsos an los escuts trostatz.
e Ferabras li venc: no s son pas refudatz.
mas lo coms Oliviers s' es premiers avansatz,
e feric Ferabras un colp desmezuratz
amont per mieg son elme, que fo ab aur obratz:
las peyras e las flors en cazeron èls pratz.
can lo rey sen lo colp, si a son cap virat.
et Olivier s' afica sus son bran aceyrat.
per mot fera vertut a son colp avalat.
lo perponh li falset e l bon auberc safrat:
pus de cccc malhas ne cazeron èl prat.
mas le cuer de cap d' ocha l' a guerit e salvat.
Olivier a lo rey del colp si encombrat
que dels estrieups li son abdos los pes ostat,
e lo fre li' scapet, qu' el tenia nozat:
l'escut e la fort asta tot li' s estat brizat.
Ferabras ac son cap del colp si estornat:
lo caval s' aginolha pel colp que l' a greujat.
s' Olivier l' enpeycbes, ja l' agra eversat.
Adoncas an Frances autamens escridat
"Santa Maria dona, tan gran colp l' a donat."
"certas" so dis Rollan, "mot l' a ben encontrat,
e no par ges al colp que el sia plaguat.
ara plagues a dieu, lo rey de majestat,

companh, qu' ieu fos per vos sotz cel aybre ramat,
e que tengues mas armas e mon bran aceyrat:
de mi e del paya fora leu afinat."
"a glotz" dis l' emperayre, "ieu t' ay ben escontat.
filh de puta, coart, trop avetz tart parlat."
Rollan s' es ben gardatz que mot no lh a sonat,
mas aytan que lh dis "oncle, vos dizetz so que us platz."
Lo paya d' Alichaudre si tenc per malmenatz.
tal dol a e tal ira, tot lo sen li' s mudatz:
c si no s pot venjar, tornara desenatz.
adouxs broca l caval et es si abrivatz.
èl ponh porta Florensa don lo pom fon danratz.
Olivier vay ferir sus son elme vergat:
las peyras e las flors en cazeron èl prat.
lo Sarrazi ac ira: si a son colp greujat,
si que detras lo col li a l' auberc falsat.
pus de cccc malhas en anero èl prat,
e de la carn del col li fendet un palmat.
preon l' entamenet, duramen l' a nafrat:
lo sanc salh contr'aval, que l' auberc n' a mulhat.
Ferabras a son bran encontr'aval tirat;
la causa li talhet e l' espero daurat:
dami-dieu lo gardet qu' en carn no l' a tocat.
de si entro a terra a son bran avalat.
del colp a si lo comte estornit e cambiat
c' a per pauc no l' a jos del caval trabucat.
e l' arso de la sela li a un pauc treucat,
car per mieg l' a romput: tal colp li a donat.
lo caval per desotz li a agenolhat.
lo coms a nostre senher doussament reclamat.
"Santa Maria doua, aias mi pietat!
car amb aqnela espaza tau gran colp m' a donat:
Autaclara no val contra cela un dat.
senher payre de gloria, a mi sia autreyat
qu' ieu puesca far encara so c' ay tan dezirat."

adoncxs leva sa ma: si a son cors senhat.
Ferabras lo regarda et a l proverbiat.
"per Bafom, Oliviers, ara us vey esmayat.
e no es meravilha, car trop avetz sanguat.
mot duramen mi peza car encars t' ay nafrat.
mas mot m' as tu ben huey un petit asayat.
ja no venra lo vespre ni lo solelh colcat
qu' ieu vos auray lo cap ab tot l'elme ostat.
trop avetz vos lo vis e cambiat e mudat.
pero s' anar t' en vols, enquer t' er autreyat:
car sapias que miey colp seran pus esforsat.
Karles no t' ama gayre, que sa t' a enviat."
can Oliviers l' enten, si a son cap crollat.
"paya" dis Oliviers, "trop m' auras menasat.
garda t, ieu ti desfizi: trop avem playdeyat."
ab aquestas paraulas an los destriers brocat.
grans colps si van donar, no s son pas refudat.
Vec vos los dos baros vengutz a clapadis.
fermamen si requiero ab los bos brans forbis.
grans colps si van donan sus lors escuts voutis,
que la flama e l foc del bon acier salis.
dels grans colps qu' els si donan, tot lo pueg retondis.
"dona Santa Maria" dis Karles lo floris,
"gardatz vos Olivier que no sia mal mis:
car per l'arma mon payre, si el era aucis,
jamays en tota Fransa ni en l' autre pays
no sera clerc ni pestre a lun jorn revestis."
"senher" so dis duc Naymes, "laychatz estar vos dis.
home que aychi parla sembla del sen partis.
mas pregatz per lo comte lo rey de paradis
que lh sia en ajuda per sas santas mercis."
"so faray" dis lo rey, "èl nom de Sant Denis."
Mas amduy li baro son èl pueg entre pis.
Ferabras d' Alichandre fo pros et afortis.
socn a Olivier ab bran d' acier requis:

de l'elme li abat lo celcle sus lo vis.
Olivier sen lo colp, areyre s' es tornis:
en doas mitatz li a l' escut perdavant mis.
a pauc lo caval no es mortz: tant s' era avan mis.
can Ferabras o vic, d' ira enegrezis.
a l' encontrar dels brans fo grans l' escroychedis.
"Bafom" dis Ferabras, "vos estes adormis,
car ieu al prumier colp non ay est Franc conquis."
lo Sarrazi recobra, que fo mal talentis.
mas lo coms Olivier per tant no s enbahis.
can vic venir l'espaza, la sua davan mis:
a l' encontre dels brans foc et flama n salis.
bonas son las espazas, neguna no falis.
Oliviers fo nafratz et al cor et al pis.
tant a perdut de sanc, totz es descoloris.
e no s' es meravilha si 's totz enflebecis:
el es a gran mescap, si dieus no lo n guaris.
Olivier es nafratz, mot si vay esmayan.
mot fo grans la batalha e lo chapladis gran:
mortalment si requiero, irag son per semblan.
Oliviers reclamet lo payre omnipotan.
"glorios senher payre que formestes Adam
e sa femna az Eva, don li poble son gran,
e venguetz en est mon on sufritz turmen gran,
et en la santa vergi prezetz albergaman.
a la nueyt de nadal venguetz a naychiman,
e que la santa estela en fo apareychan.
los iij reys d' autra terra vos anero cercan.
tuh iij vos adzorero, can vos foron davan.
la destra ma tendetz: si eus hufriro bayan.
las hufertas prezetz per bon entendeman.
e pueys per autras terras s' anero repayran
per lo felo Herodes que ls anava speran,
pueys degolet per vos man jovencel efan.
en la crotz vos pendero li fals Juzieu truan,

can Longis vos feric de sa lansa trencan.
el non avia vist en trastot son vivan.
lo sanc li venc per l' asta entro al punh colan,
e toquet ne sos huelhs, si vic el mantenan.
merce vos reclamet de bon cor veraman,
e vos li perdonetz, senher, de bon talan.
èl sepulcre fos mes apres, ieu no say can.
en ifern davaletz, e si n traychetz Adam.
al tertz jorn en apres anetz resusitan,
et als santes apostols vos fos apareychan,
mandetz lor que pel mon aneson prezican,
e pucys montetz als cels, a totz lors huelhs vezan.
ayssi, senher ver dieus, cum ieu en soy crezan
et es vers so qu' ieu dic, m' anatz vos ajudan,
e fassa de batalha est paya recrezan."
adoncxs levet sa ma, son cors el vay senhan.
l' escut tenc abrassat, e tenc èl punh son bran.
fermamens s' afiquet desus son alferan.
E lo rey Ferabras fon desus son bausan.
Olivier apelet: si li dis en rizan.
"bels amicxs Olivier, no m' o anetz celan:
quinha es la razo que as devizat tan?
volontiers l' ay auzida, per mon dieu Tervagan."
Olivier dis "plagues al rey omnipotan
c' ayssi crezeses tu cum ieu fau fermaman:
car atertant t' amera cum mon companh Rollan."
so respon Ferabras "ar aug folia gran.
ja no t laycharay vieure tro al solelh colcan,
qui m devia cumplir d' aur fi la tor Balan.
garda ti ben de mi: ieu ti vau desfizan."
so respou Olivier "dieus m' en sia aydan."
e la us venc vas l' autre, e cascus tenc son bran.
amon per mieg lors elmes si van grans colps donan,
qu' el foc en ieys tan grans, encontra 'l cel volan.
lors escuts si detrencan, mot si van menuzan.

lors bos cavals si plegan dels colps que s van donan.
Mot fo grans la batalha, la plassa longua e bela
èls pratz sotz Marimonda, qu' es bela la pradela.
Oliviers fo nafratz èl pieytz sotz la mamela.
soven reclama dieu e la vergis piuzela.
Ferabras d' Alichandre de mal talent l' apela.
"Olivier, ar dichen sotz cela fontanela,
e, beuras d' aquest basme c' ayssi pen a ma sela,
e pueys seras pus sas que non es hirondela."
so respon Olivier "laych estar ta favela:
car no n beuria pas per tot l' aur de Castela,
tro l' aya conquerit feren de ma namela."
"per Bafom" ditz lo rey, "fols es qui t' en apela.
mas breumen auziras de mi autra noela,
don lo pieytz t' en dolra e' l cor sotz la mamela."
Mot fo grans la batalha, rusta de mala guia.
Ferabras tenc Florensa, que mot ben es forbia,
Oliviers Autaclara, que mot fort reluzia,
e feric Ferabras sus l' elme de Pabia:
las peyras e las flors a terra el ne envia.
jus lo gros de la cueycha es l' espaza sortia,
si que dedins la carn Ferabras la sentia.
lo sanc en salh a rag, don lo prat enrogia.
can lo rey vic lo sanc, de mal talan fremia,
e pres un dels barrils que val may que Suria.
can ac begut del basme, santat ac reculia:
adoncxs ac sa vertut doblament reculia.
lo coms Olivier dis "dona Santa Maria,
regina coronada, valetz m' en aquest dia."
Ferabras l' escridet "no n portaretz la via."
e Frances los esgardan de lor alberguaria.
"senher dieus" so dis Karles, "e vos vergis Maria,
gardatz huey Olivier, que no pergua la via."
Mot fo grans la batalha dels dos baros presatz.
Oliviers fo feritz e malamen nafratz:

ges no es meravilha si es espaventatz.
e broca son caval per amdos los costatz,
e feric Ferabras us colps abandonatz,
amont per mieg son elme qu' era amb aur obratz:
las peyras e las flors en volan contra ls pratz.
can lo rey sen lo colp, si s' es totz trastornatz.
sus l' arso de la sela es lo bran traversatz:
los corregs dels barrils a per lo mieg talhatz.
so fo bona ventura: dieus en sia lauzatz.
los barrils van a terra, e' l rey es eversatz.
lo saur bausa deroqua, tan fo del colp greujatz.
enans que Ferabras si fos el redressatz,
si baycha Olivier, los barrils n' a levatz.
lo bondonel destapa, el n' a begut assatz,
e doncxs can n' ac begut, el si sentic sanatz.
e pueys si s' es lo coms per luy meteys pessatz.
si d' aqui adenant fos Ferabras nafratz,
e que sos dos barrils pogues aver cobratz,
adoncxs ne pogra eser Oliviers enganatz.
els eran riba 'l mar, dedins los a gitatz,
e l' aur qu' er' als barils, a ls tantost afonzatz.
mas cad' an en la festa San Johan en estatz
monto tro sus en l' aygua, so es fina vertatz.
can o vic Ferabras, anc no fon tan iratz.
e dis ad Olivier "be m pares forsenatz,
car tu as mos barrils ins en l' aygua gitatz:
car els valian tot l' aur que xiiij ciutatz.
e s' ieu puesc, huey el jorn mot car los compraratz."
so respon Oliviers "faytz so que vos puscatz."
Lo coms vic Ferabras venir tot abrivat:
mas pel cap garentir a son escut levat.
Ferabras lo feric un colp desmezurat:
aytant can n' acossiec en a jus avalat,
e l' elme perdesobre li a tot desguauelat:
dami-dieu lo gardet que ges no l' a plagat.

Ferabras si s' apunta per mot rusta fertat:
del caval d' Olivier dichen la test' al prat.
lo caval tombet mortz e' l comte eversat.
Oliviers sauta sus, no y a gayre punhat,
e tenc trayta l' espaza am pom d' aur nielat.
so que tenc de l' escut a denant si tornat.
vas lo rey d' Alichandre a un saut gran sautat.
ar auiatz quinh miracle li a dieus demostrat.
oncas lo auferan, don tan vos ay parlat,
que mant home avia mort et estrangolat,
vas lo coms Oliviers oncays non a badat:
ayssi s tira atras, sol no l' a esgardat.
E Frances los agardo de lotjas. e de traps:
pel comte Olivier son tuh espaventat.
per lo mieu esien ja foran tuh montat
per anar ajudar Olivier lo lauzat,
si no fos lo rey Karles, que lor o a vedat,
per so car el volia tenir sa liautat:
mays volgra esser morts que s' ilh fos reprovat.
Karles s' agenolhet et a dieu reclamat.
"glorios senhe payre e rey de majestat,
gardatz huey Olivier per la vostra bontat."
Oliviers fo a terra, et ac lo cor irat
per amor l'auferan que ve cazut èl prat.
e venc va 'l Sarrazi, si l' a enrazonat.
"a rey d' Alichandria, mot as fayt gran viltat,
car mon caval as mort e mi as eversat.
rey que caval auci non a dreg en regnat."
"certas" dis Ferabras, "tu as dita vertat.
mas per Bafom mon dieu, non o fi a mon grat.
pero si be l t' ay mort, be t' er gazardonat.
vene pren mon destrier, qu' ieu dichendray èl prat.
gran meravilha m do car el no t' a tuat:
car mays a de c homes e mortz et afolat.
anc non abatiey home no l' aia devorat,

e per aquo ieu l' ay en trop estorn menat."
et Oliviers respon "car Jesus m' a gardat:
qui en luy a sa fe, mot a bon avocat.
ja no vuelh ton caval tro l' aia conquistat."
"certas" dis Ferabras, "mot iest de gran fertat,
car mon caval sofanas: tu fas mot gran foudat.
e faray so per tu no fi per home nat,
per so car ieu ti vey de gran nobilitat."
el mes son pe a terra del destrier pomelat:
latz Olivier si met de l' autra part èl prat.
e fo pus grans que el un gran pe mezurat.
ar son abduy èl camp pe e pe ajustat:
ab lors brans aceyratz se son ben reuidat.
so es gran meravilha car tan o an durat,
que sol per un petit no cazo en blasmat.
Mot fo fortz la batalha: pus bela non veyratz.
anc mays dos campios non vic hom pus iratz:
c' ayssi menut si fiero de lors brans aceyratz
que las peyras en cazo de lors elmes gematz.
Ferabras d' Alichandre s' es mot aut escridatz.
"Oliviers, Oliviers, certas no y duraratz."
"per fe" so ditz lo coms, "vos no m' escaparatz."
E Frances los esgardo de lotjas e de traps.
"ay dieus" dis l' emperayre, "qu' en la crotz fust levatz,
vos gardatz Olivier de mescap, si vos platz."
lo due Raynier de Gennes li n' es als pes getatz.
merce li vay clamar dolens et aburatz.
"a senher emperayre" dis Raynier lo lauzatz,
de mo filh Olivier aiatz huey pietat."
"dami-dieu" so ditz Karles, "si vos tal playt sufratz,
c' Olivier fos vencutz ni mos dreytz abaychatz,
per ver tot er destruta santa crestiantatz;
totz los autars seran e fondutz e cassatz;
laycheray las relequias per que suy tan penatz."
pueys fetz una preguieyra aytal cum auziratz.

"glorios senhe payre, que fust en crotz levatz,
et en la santa vergi fust coceubutz et natz,
e dedins en Beslem vos foretz efantatz,
et en paubres drapels mes et envolopatz,
can a la santa estela vos donetz claretatz
si qu' els pastors èls camps en foro alumnatz.
de la vostra naychensa fo lo mons alumnatz.
mot pezet ad Herodes, un rey desfiguratz:
totz los petitz efans en foron degolatz,
e vos foratz adoncas en Egipte portatz.
e pueys anetz per terra xxxij ans passatz.
e pueys vendet vos Judas lo tracher renegatz,
e per xxx deniers trazic vos lo malvatz.
e pueys lo sant divenres foratz en crotz levatz
e pels mas e pels pes trancatz e clavelatz.
e can fos en la crotz d' espinas coronatz,
e Longis vos tranquet d' una lansa 'l costatz.
el non avia vist en trastot sa etatz:
el sanc li venc per l' asta, als mas fon avalatz,
e torquet ne sos huelhs: sempre fo alumnatz.
ayssi, bel senher dieu, cum aysso es vertatz,
vos gardatz Olivier que no sia matatz."
Karles leva 'l man destre, et es s' en crotz senhatz.
ab tant vec vos un angil que getet grans clartatz,
lo cal li trames dieus, lo rey de majestatz.
aqui davant lo rey s' es l' angil arestatz,
e ditz a l' emperayre "mot etz dezamparatz.
Ferabras es vencutz: mas tu n seras iratz."
can l'angil so ac dit, tantost s' en es anatz.
Karles l' a escoutat, mot n' es espaventatz.
vas lo cel esgardet, et es s' agenolhatz:
dami-dieu en merceya. ab tan el s' es levatz.
Olivier si cumbat, que trop era lassatz,
am lo rey Ferabras qu' es tan desmezuratz.
no i a un dels dos no sia trop cassatz.

Ferabras d' Alichandre fo mot fort corrossatz.
ad Olivier escrida "vassal, no y duraratz."
so respon Oliviers "ja no m' escaparatz:
ans vos tolray la testa ab mon bran aceyrat."
lo paya d' Alichandre au que fo menasatz:
s' il no s' en pot vengar, el sera forsenatz.
portet èl ponh Florensa, don lo pom es dauratz,
e feric Olivier de gran ir' alumnatz.
lo coms lo vic venir de ferir entensatz.
amon per mieg son elme li a dos colps donatz.
èl fort capel d' acier es lo bran arestatz.
no l pot entamenar: tan era be tempratz.
can Oliviers o vic, d' ira fo alumnatz.
cascus es del ferir duramentz entensatz:
jamays no s partiran tro l' us sia matatz.
fermamens si requiero ab lors brans aceyratz:
los escuts si detrencan e ls vertz elmes gematz.
Olivier si fo mot trebalhatz e lassatz.
son punh es adormitz e pel ferir huflatz.
si cum cudet ferir sul Turc totz abrivatz,
pus d' un' asta de lansa li' s sos brans escapatz.
can o vic Oliviers, el ne fo mot iratz.
son escut a son col, qu' era totz peseyatz,
per sus levar son bran s' es lo coms enclinatz.
Ferabras lo feric enans que s fos baychatz:
son escut li trenquet, et es per mieg trosatz.
lo coms si redresset corrosos et iratz.
s' espaza vic a terra, d' ira fo trasuzatz.
no si auzet baychar: tan dubta Ferabratz.
Frances son estornitz a lotjas et a traps:
pus de xiiij melia ne viratz totz armatz.
ja fora Ferabras èl tertre asautatz:
mas Karles o vedet, si c' us no y es anatz.
Ferabras au la noyza: ris s' en es e gabatz.
anc sol non ac paor: anc fo asseguratz.

"per Bafomet" dis el, "ar creys ma volontatz.
ve us vostre bran a terra: per que no l' en levatz?
no us i baychariatz per l' aur d' una ciutat.
Oliviers, ar renegua las fons on fust lavatz,
e vene t' en ab me è mas amplas ciutatz:
car ab tu partiray totas mas heretatz.
ma seror ti daray (ben seras molheratz),
Floripar la corteza, que a tan grans beutatz.
e pueys conquerrem Fransa e tot l' autre regnatz:
de la un dels regismes vos seretz coronatz."
et Oliviers respon "de folia parlatz.
ja dieu non laycharay ni sos sans honoratz,
ni la santisma vergi de la cal el fo natz;
ni no creyray Bafom ni ls vostres dieus malvatz."
"per Bafom" dis lo rey, trop iest desmeznratz.
oncas per estorn d' ome no fuy si fort greujatz.
mas non as ges d' espaza, enans iest dezarmatz.
be say, si t' aucizia, mos pretz seria sordeyatz.
ara pren tn ton bran: comiat t' en sia donatz."
so respon Oliviers "vos mi dizetz bontatz.
mas ieu non o faria per l' aur de xx ciutatz:
car si res mi fazias que m sembles amistatz,
ni ieu pueys t' aucizia, seria malvastatz.
ar sia tot en dieu, ma mortz e ma santatz."
"per Bafom" dis lo rey, "ben iest desmezuratz.
ieu no vuelh que pus vivas: ar er lo camp finatz."
èl punh portet Florensa, don le pom fon dauratz:
va 'l comte Olivier s' en venc abandonatz.
Oliviers vic venir lo rey tot abrivatz,
de gran colp a ferir baut et entalentatz.
el non a ges d' espaza; el escut es trencatz.
lo coms vic lo bausa: perdavant li' s anatz,
on li duy bran pendian en l' arso nozelatz.
el estendet sa ma; un bran pres, so sapiatz.
Baptisma avia nom, mot era ben tempratz:

can l' ac tirat del froyle, mot gitet grans clartatz.
vas lo Sarrazi venc, del ferir talentatz.
so que tenc de l' escut a denant si tornat.
lo Sarrazi apela, e l' a fort menasat.
"per dieu, rey d' Alisandre, no us valra cruzeltat,
c' am vostre mezeys bran vos faray corrossat.
ar vos gardatz de mi, ie' us tenc per desfizat."
Can l' enten Ferabras, tot lo sanc a mudat.
aysso dis el "Baptisma, tan vos avia amat."
Olivier apelet, si l' a enrazonat.
"Oliviers, ar ti suefre tro ay' am tu parlat."
et Oliviers respon "digas ta volontat."
"certas" dis Ferabras, "per so t' ay apelat.
ar potz aver ta 'spaza per mon bran aceyrat,
et apres nos fasam so c' avem en pensat."
"per mon cap" dis lo comte, "ja no t' er autreyat:
ieu non auray vas tu neguna segurtat.
enans auray cest bran un petit asayat.
ar ti garda de mi, car trop avem parlat."
ab aquestas paraulas tenc lo bran sus levat,
e venc la us vas l' antre cum leo abrivat.
mas lo coms Olivier l' a premiers encontrat.
no l pot tocar en l' elme, l' escut a encontrat.
perdesobre la bloca l' a tot per mieg talhat:
la mitat en volet e tombet en lo prat.
dis lo coms Olivier "cest bran vey aceyrat:
ben aya lo maestre que tan l' a ben temprat."
Ferabras lo cudet cosegre de son grat:
Oliviers s' es del colp un petit alnnbat,
e baychet si a terra; lo sieu bran n' a levat.
can Oliviers lo tenc, si a dieu merceyat.
Ferabras apelet am gran hnmilitat.
"vec ti ayssi ton bran, pus lo mieu ay cobrat."
so respon Ferabras "be faria viltat.
anc no volguist re penre que t' aya prezentat.

no faray ieu de tu que t' auray desmembrat.
la testa n portaray mon payre l' almirat."
so respon Oliviers "ans vos aura costat."
donc si son li baro de ferir entensat:
fermamen se requiero per mot gran cruzeltat.
lors escutz si detrencan, que son ab aur obrat.
pus l' anan d' una legua an ferit e clapat.
un petit si retraso et an l' ale tirat
Lo filh Raynier de Gennes a lo rey esgardat
perdesotz la costura del fort escut listrat.
mot ac lo regart fer e de gran cruzeltat.
"ay dieus" dis Oliviers, "bel rey de majestat,
cum est payas es pros e de granda fertat!
oncas no vi may home de la sua bontat.
senher dieu glorios, si fos ta volontat
que Karles lo tengues èl sieu domini prat,
e que l' agues è fons bateyat e lavat,
ieu e lu' e Rollans foram acompanhat
per dreyta companhia e pleuit e jurat."
Ferabras apelet; si l' a enrazonat.
"combatras ti tu pus? o que as en pensat?"
"oc ieu" dis Oliviers, "si a dieu ve en grat.
e gardatz vos de mi, qu' ie 'us tenc per desfizat."
adoncxs venc l' us vas l' autre de gran fera rustat.
Olivier no dis mot, c' alhors a son pensat;
e tenc trayta Baptisma ab pom d' aur nielat.
per mot granda vigor a l paya renidat.
e Ferabras lo fier per mot gran cruzeltat.
Mot fo grans la batalha, e be s son combatut.
Ferabras d' Alichandre fo de fera vertut.
la us vay ferir l' autre am bran d' acier molut.
Olivier non a pas lo quint de son escut:
Ferabras lo requier e soven e menut.
ayssi cocha l' us l' autre c' a pauc no son cazut.
Ferabras l' escridet "vassal, trop as viscut:

mays non auretz guiren el vostre rey Jesu."
so respon Olivier "fol plag avetz mogut:
jamays vos no veyretz Bafomet malastruc."
ab aquestas paraulas si son entreferut.
Ferabras d' Alichandre a Olivier ferut.
tot trenca et abat del seu daurat escut.
ras e ras de l' acier n' a lo bran dissendut,
si que d' aquela part romas le costat nut:
si dieus no l' en gardes, ja l' agra tot fendut.
Ferabras l' escridet "be vos ay cossegut:
jamays no veyretz Karle lo vielh barbat canut."
can l' enten Olivier, si li a respondut
"per dieu, rey d Alichandre, no m' as tan cossegut:
qu' enans que nos partam vos faray recrezut,
e us rendray al rey Karle ans lo vespre vengut."
Mot fo grans la batalha, longamens a durat.
Ferabras d' Alichandre a lo coms escridat
"per Bafom, Olivier, trop avetz huey durat:
ara us tolray la testa ab mon bran aceyrat."
"certas" dis Olivier, "si a dieu vengnes a grat,
be volgra que amdui acsem lo camp finat.
dieu en fassa breumen so qu' en es destinat."
donc venc la ns vas l' autre cum leo abrivat.
ar ne fassa dieus dreyt per la sua bontat.
Ferabras d' Alichandre a son colp azesmat,
e feric Olivier un colp desmezurat,
c' un cartier de la cofa li abatet èl prat,
e dels cabels del cap li a un pauc ostat:
dami-dieu lo gueric que ges no l' a plagat.
el comte feric luy per granda volontat,
et albiret son colp et a l ben azesmat.
so que tenc del escut, a denant si levat.
si aut a Ferabras amont son bran levat,
que tot si descubric lo flanc e lo costat.
Olivier lo perceup, et a l ben avizat:

al retrayre lo fier de son bran aceyrat.
perdesotz la mamela li a un colp donat.
e lo coms s' afiquet, c' avia lo cor irat.
pres d' un palm de la carn li a l' acier trencat,
c' a per pauc los bndels no son defors sautat.
mas anc no y a budel mal meś ni 'ntamenat.
lo sanc de gran rabey ne chay è mieg lo prat.
aujatz de Ferabras, cum fo de gran fertat.
anc sol no s denhet planher, tan ac de segurtat.
contr' amon vas lo cel a ades esgardat:
de Jesu Crist li membra, lo rey de majestat;
del ver sant esperit l' ac dieus enluminat.
Olivier apelet, merce li a clamat.
"gentils hom, no m' aucias per la tua bontat;
e si m mena a Karle lo bon rey coronat;
qu' ieu vos promet, bel senher, e us jur per liautat
que ieu tenray la fe de la crestiantat,
e us rendray la coroña e 'l signe honorat
e las dignas relequias, don ay lo cor irat
per so car ieu las prezi, caytiu malahurat:
c' aysso m' en es vengut, so say de veritat.
Oliviers, gentil senher, ayas mi pietat:
car s' ieu muer Sarrazi, enquers t' er reproat."
Olivier lo regarda, e pres li n pietat.
desus en l' erba fresca belament l' a colcat;
del pan de son blizaut belament l' a bendat.
Ferabras d' Alichandre a lo coms esgardat.
dousamen l' apelet per gran humilitat.
"gentil hom Olivier, per dieu, ar m' escoutatz.
mot so pres de ma fi: lo cor m' es totz cambiatz.
ve us ayssi dos cavals correns et abrivatz,
e prendetz lo bausa, que lay es enboscatz.
tan m' ajudatz tro sia sus la sela montatz.
e si n porta Florensa, trop m' agreuja mo latz.
e si eus faytz vos las autras per far vos volontatz:

pueys auretz iiij espazas, ja milhors non veyratz.
si m montatz sul caval. pero trop demoratz.
vezetz vos cel brulet ab cels olmes plantatz?
lay laychiey huey mati xxx melier armatz.
mas ieu lor defendiey c' us no fos tan ausatz
que si partis d' aqui per home que fos natz,
entro sus que ieu fos de batalha tornatz."
can l' enten Oliviers, mot ne fo esfredatz.
e Ferabras si dressa, que era trop nafratz;
sus l' arso de la sela es entravers tornatz.
mas per nien si mes: ja no n sera portatz,
qu' enans que veya Karle, el ne sera iratz.
car del bosc es salitz Brullan de Monmiratz,
Sortibran de Coimbres e lo rey Tribuatz:
amb els son xxx melia de Sarrazis armatz.
Oliviers los perceup, de ponher s' es cochatz.
Frances viro payas: vec los vos tost armatz.
Rollan lo nebot Karle es sul destrier montatz,
Berart de Monleudier e' l comte Gnilalmatz,
e Naymes de Baviers et Augier l' abduratz,
Richart de Normandia e lo coms Gui l' auzatz.
lo duc Raynier de Gennes no s' es pas oblidatz,
e Karles a mot tost sos garnimens trobatz.
donx derenjon Frances de lotjas e de traps.
cel vay que pot premier, lors golfaynos levatz.
Oliviers si regarda aval per mieg los pratz:
vic venir Sarrazis, lors fres abandonatz,
denant trastotz los autres Brullan de Monmiratz,
que cor ab son caval que anc no fo lassatz,
que pus tost pren la terra qne lebrier descoblatz;
e portet un espieut don lo fer fon cayratz:
del sanc d' una serpent era enverinatz.
can Oliviers lo vic, lo sanc li es mudatz,
e dis a Ferabras "per dieu, ar davalatz.
no vos puesc pus conduyre, de que soy mot iratz:

car seray de batalha duramen enbrassatz:
car de Sarrazis vey totz los pratz enramatz,
e si m podo cossegre, mortz soy et afolatz."
can Ferabras l' enten, mot s' en es aziratz;
e dis ad Olivier "senher, si mi laychatz,
vos faretz vilania, pus que conquist m' ayatz.
aylas, s' ieu muer payas, caytiu mala fuy natz.
Santa Maria dona, ajudatz mi, si eus platz."
Dis Ferabras lo rey "senhe coms Olivier,
per dieu vos vuelh preyar que no m vulhatz laychier.
tu senher m' a conquis al bran de ton acier,
e si m' as fayt jurar pleuir e fiancier
que per dieu mi faray lavar e bateyer.
e si ayssi mi laychas, pauc te deu hom prezier.
encaras ieu no t vey ni plagar ni nafrier."
so respon Olivier "tu dis cum cavayer.
dami-dieu mi cofonda, que tot a a jutgier,
s' ieu jamays ti gequisc tan cum puesca durier."
"senher" dis Ferabras, "per dieu vos vuelh preyer.
reversatz mi del dos mon blanc auberc doblier,
e vistetz lo sul vostre: car be us fara mestier,
car non as a ton col ton escut de cartier."
"volontiers" dis lo comte, "be fay ad autreyer."
Olivier lo vestic ses pus de demorier.
pueys a mes è son cap lo bon capel-d' acier,
e cintet Autaclara, don si sab ben aydier.
ar pot venir justar qui s vol ab Olivier.
Ab tan vec vos punhen Brullan de Monmirat.
Olivier va ferir sus son auberc safrat.
sus per lo mieg del pieytz lo y a rot e falsat.
mas l' auberc de desotz a lo comte gardat,
e l' asta va en pesas: mot petit a durat.
lo rey s' en passa d' outra, que fo de gran fertat.
can Ferabras o vic, tot lo sanc a mudat.
Olivier apelet "comiat vos sia donat.

no us dey hueymay blasmar: ie' us done comiat.
mas per amor [dieu] mi geta d' aquest cami ferrat,
que mon cors no m' afolo li destrier sojornat.
dami-dieu ti secorra per la sua bontat.
be m meravilh de Karle lo fort rey coronat,
car el no vos secor, que trop a demorat.
que fay aras Rollans, que tan vos a amat?
caytiu ara murray, no seray bateyat."
can l' enten Oliviers, mot n' a gran pietat.
Lo filh Raynier de Gennes met bas lo Sarrazi:
belament lo colquet desotz l' ombra d' un pi.
pueys broca son caval ad espero d' or fi.
be s' en cuda anar lo coms per son cami,
can li venc al denant lo filh d' Arapati
ab x melia payas del linatge Gayni.
"ay dieus" dis Oliviers, "que fist de l' aygua vi,
defen mi, si ti platz, de tan mal Sarrazi,
qu' enquer puesca vezer Karle lo playzi,
e si fassa mon payre e Rollan mon ami."
Olivier le gentil si vic totz entrepris.
dami-dieu reclamet, que en la crotz fo mis,
que lh sia en ajuda per sas santas mercis.
èl punh tenc Autaclara, sus payas s' endemis.
è son cami encontra lo filh Arapatis:
tal colp li vay donar del bran que fo forbis,
que tot l' a perfendut del cap entro al pis.
Olivier s' avanset; pres l' escut d' aur voutis,
pres la lansa del punh, don lo peno fon bis:
lo caval laychet correr, que fo amanohis.
sus l' escut de denant anet ferir Lorgis.
sos auberc no li valc lo pretz de dos taris:
lo fer trencan li a per mieg lo cors asis.
e pueys trays Autaclara, aucis x Sarrazis:
ayssi li fugen tuh cum a falco perlis.
Sortibran de Coimbres e lo rey Maguaris

crîdan ad Olivier tuh esemps en autz gris
"per Bafomet, Frances, no us escaparetz vis."
can o autz Olivier, mot fort s' es paorzis.
èl punh tenc Autaclara: si lor venc endemis.
cuy acossiec a colp, el es de la mort fis.
mas Sarrazi li an son bon caval aucis.
can lo coms fot a terra, d' ira enegrezis.
al pus tost que el poc si es en pes salis,
et abrassa l' escut que fo ab aur brunis.
èl punh tenc Autaclara, que era de gran pris.
mot si vendra el car enans que sia pris.
Olivier fo a pe, abrasset son escut:
entre payana gen a gran estorn mogut.
vas Olivier s' abaton; tout li an son escut,
e si l' an mot ferit de mant espieut agut.
un dart d' acier trencan li an pel cors cozut,
si que per viva forsa l' an payas retengut.
leugieyramen lo monto sus un caval crenut:
abdos los huelhs li an d' una benda cozut.
Olivier crida "Karles, on etz vos romazut?
senher companh Rollan, aras m' avetz perdut."
dis lo rey Sortibran "fol plag avetz mogut:
jamay non manjaray tro vos siatz pendut."
Ar ne menan payas Olivier que an pris.
los huelhs li an bendatz e los mas detras mis.
per gardar lo prezero l Sarrazis:
aquels s' en van ab el ponhen sus lor rossis.
ab tan vec vos Rollan que fo sus Valentis,
e' l comte Guilalmier e l' Ardanes Teris,
Berart de Monleudier e lo letrat Turpis,
en Guio de Bergonha e lo pros Alberis,
Richart de Normandia e Naymes lo floris.
Karles fo sus Blancart, que fo rey de Paris.
Frances crido "Monjoya! la senha San Denis!
culvert, mala l prezetz: ja vo n' er intradis."

Rollan feric Corsuble sus l' escut d' aur voutis:
la lansa li a meza per mieg del gros del pis.
Berart de Monleudier anet ferir Tegris,
et Augier Antanas, e Richart Magaris.
En Guio de Bergonha fier Brullan de Monbis.
cascus dels nostres bars en a lo sieu aucis.
can las lansas lor falho, els an lors brans sayzis.
Sarrazi si relio e crido en autz cris.
a Frances van desobre, mot fort los an feris.
mort nos an Guilalmier e Gautier l' anseris
e dels autres Frances pus de lx sis.
pus d' una balestada an Frances resortis.
et abaton Berart lo filh del duc Sendis
e' l comte Guilalmier e' l Bergonho Anris
e Jaufre l' Angevis ab lo coratge ardis.
fermamens los liero ab grans liams tortis:
sus lors cavals los meyro, que anc no y ac rossis.
e can Karles o vic, a pauc non rabia vis.
e si s pres a plurar car perdia sos amis.
Ar s' en van Sarrazi, en meno Olivier
e l' estout Guilalmier, Berart de Monleudier.
los Frances los encauso ab lors bos brans d' acier.
Rollans ponh Valenti, e no l vol arestier.
be cavalgo esemble entre luy et Augier:
jamay, si cum els dizo, no s volran arestier,
tro ayan lors baros cobratz ab bran d' acier.
mas encuey lor poyra duramens enugier.
cavalgat an tres leguas li felo aversier:
d' una legua no y podo li Frances apezier.
de recobrar los comtes agro gran cossirier.
Mot fo longua la cassa, longuamens a durat.
lay ac trop bon caval corregut e lassat.
e payas s' en retornan, cilh qu' en so escapat;
e li nostre an los v leguas encausat.
aquels c' an cossegutz an tot lor temps finat:

cilh qu' en meno la preza si so trop avansat.
l' emperayre de Fransa vic lo solelh baychat:
ac temor qu' els payas fosen trops ajustatz,
e venc denant Frances, Sant Denis a jurat,
pus no segra payas tro l ser sia passat.
la paraula del rey n' a ls pus espaventatz:
l' encaus els an laychat e son atras tornatz.
e mentre que s' en torno, els an lo camp levat.
Ferabras atrobero sotz un aybre ramat.
can lo vic l' emperayre, el l' a ben esgardat,
e conoc a sa cara qu' el era mal fadat.
"paya" so dis lo rey, "ton cors aia mal fat.
per tu so miey baro pres et enpreyzonat.
tu m' as tout Olivier, que tant avia amat."
can l' enten Ferabras, un sospir a gitat;
desotz lo bratz senestre a son cap enclinat.
vas lo rey esgardet, et a l ben avizat:
l' emperador apela per gran humilitat.
"a Karles mon bel senhe, que m' as proverbiat.
Olivier m' a conquist, no vuelh sia celat,
et ay li lialment e pleuit e jurat
que ieu tenray la fe de la crestiantat.
no valo tuh miey dieu un denier monedat.
tan fay per l' amor dieu tro sia bateyat:
e si dieus vol qu' ieu viva, lo rey de majestat,
pueys seran Sarrazi per mi a mort lieurat,
e us rendray la corona e' l signe honorat
e las autras relequias, que vos an tan penat.
a senher emperayre, aias mi pietat:
car s' ieu muer Sarrazi, caytiu malaburat,
sera vos reprovat per la crestiantat."
can l' enten l' emperayre, el n' ac gran pietat.
desobre un escut l' an gen e bel colcat;
pueys l' en an li baro suau e gen portat.
Rollan e' l duc n Augier, cest duy l' an desarmat.

lo rey romas ses pus en blizaut geronat.
gros fo per las espallas et ample pel costat,
et ac gran so vizatge e ben afaysonat.
els huelhs var en la testa coma falco mudat:
aytan can dura 'l segle non a hom mielhs format.
mot prezan Olivier car l' a conquistat.
Ferabras fo mot bels, can el fo desarmatz,
mas non ac de color, car trop era nafratz:
las plaguas lo greugero, c' avia a son latz.
Rollans l' en abrasset, mas lo rey s' es plasmatz.
"cel que vos a conquis, ben den eser lauzatz.
Santa Maria dona, rendez le nos, si eus platz."
Karle nostr' emperayre s' en es en pes levatz,
et apelet Milho e Turpis lo letratz.
"senhors, faytz unas fons, et ades las senhatz.
ieu vuelh que aquest rey sia tost bateyatz."
et ilh li respondero "si cum vos comandatz."
viassament e tost els l' an aparelhatz.
dedins l' aygua l' an mes, payris lay ac assatz.
autre nom li an mes; lo sieu li es mudatz:
mas tan cum il visquet, fo Ferabras clamatz.
Florian li an mes nom per baptisme, sapiatz.
can lo rey fo lavatz benezeytz e senhatz,
Frances l' an trayt de l' aygua et en un lieyt colcat.
si cum hom ditz e canta, et es la veritat,
apres sa mort fo sans, per dieu enlumenatz:
so fo San Florian de Roya latinat.
Karles a totz sos metges somonitz e mandatz.
"senhors" dis l' emperayre, "a mi vos entendatz.
cercatz mi aquest rey per flancxs e per costatz."
et els li respondero "si cum vos comandatz."
ab tan vengro al rey, sos flancxs li an cercatz:
los budels troban sas, no so entamenatz.
et an dit al rey Karle "ja paor no n' aiatz,
que el sera totz sas ans de dos mes pasatz."

"ay dieus" dis l' emperayre, "tu n sias honoratz.
si acsem Olivier, may no fora iratz."
E los Turcxs cavalguero que ls comtes n' an menatz:
ad Agremonia vengro, que es rica ciutatz.
can los vic l' almiran, ab lor s' es razonatz.
"avetz mi vos Rollan ni ls xij pars menatz?
et on es Oliviers qu' es tan avutz lauzatz,
Berart de Monleudier e Naymes lo senatz?"
"senher" dis Brustamon, "pro avem mal asatz.
totz nos a descofitz Karles e sos barnatz.
vostre filh Ferabras es vencutz e sobratz.
us cavayer de Fransa, no say cum s' es nomnatz,
l' a vencut en batalha ab son bran aceyrat.
a Karle s' es rendutz: ja es crestianatz."
can l' almiran l' enten, en terra s' es plasmatz.
e can el si redressa, si s' es aut escridatz.
"aylas caytiu" dis el, "ta mala fu anc natz.
senher filh Ferabras, per que us etz bateyatz?
Bafom, per qual pecat es mo filh encombratz?
car s' il es crestias ni en fons bateyatz,
mays amera de certas que fos totz desmembratz."
L' almiran Balaan fo dolens et iratz.
apelet Brustamon de qu' era Monmiratz.
"digatz mi vos, bel senher, e que no m' en mentatz,
qui fo cel cavayer que tant era lauzatz,
e conquis Ferabras que tant fo reduptatz?"
so respon Brustamon "vas me vos esgardatz.
aycel bel cavayer que es pros e membratz,
so cuyt l' aia vencut: Olivier es clamatz."
can Frances l' an auzit, mot en so esfredatz.
Olivier les apela; si los n' a conortatz.
"senhors" ditz Oliviers, "entendetz mi, si us platz.
ieu vos prec e us coman, vostres noms no digatz:
car si sap l' almiran que vos dels pars siatz,
no nos gueriria l' aur de xiiij ciutatz."

et els li respondero "si cum vos comandatz.
per nos no sabran els si cum em nos clamatz."
Ab tan ve us Sarrazis, et an los desarmatz.
mas Olivier lo comte es mot greumen playatz.
los huelhs li desbendero, c' avia estreyt liatz.
Oliviers romas nutz en blizaut geronatz.
totz fo descoloritz: car trop avia sancuat.
can lo vic l' almiran, totz es d' ir' alumnatz.
Olivier apelet, davas luy s' es giratz.
"digas tu com as nom, sia m dita vertatz."
"senher" dis Oliviers, "Girart soy apelatz.
filh fuy d' un cavayer, de bassa gent fuy natz.
Karles mi donet armas, can ieu fuy adobatz.
e cels mos companhos que m so ayssi de latz,
son paubres soudadiers e de bas parentatz."
"Bafom" dis l' almiran, "e cum soy enginhatz:
aver pessiey v comtes de nobles parentatz;
de la terra de Fransa cudiey que foso natz."
son camarlenc apela. "Barbadis, ar aujatz.
aportatz mi mos dartz, e sian afilatz
amont en esta sala on siam ajustatz.
li Frances orgulhos seran totz devoratz:
trayran lor mos arquiers enviro per totz latz."
"senher" so ditz Brullan, "no es hora, si eus platz.
no podetz vos vezer qu' el solelh es colcatz?
si comandatz justezia, vos ne seretz iratz.
sufretz vos tro dema, qu' el solelh sia levatz;
e sera vos barnatges vengutz et ajustatz:
pueys sera 'l jutjamens enquistz e demandatz,
e si an mort servida, vos la lor autreyatz.
e si Karles de Fransa, lo fort rey coronatz,
vos rendia Ferabras que tant avetz amat,
vos rendratz los Frances volontiers e de grat."
so respon l' almiran "bon cosselh mi donatz."
sou carcelier apela: Brustamon es nomnatz.

"sabetz que vos faretz? cetz Frances mi gardatz,
car ieu los vos coman, e vo que ls mi rendatz,
e que vos los menetz èl destreyt als fossatz,
è ma carcer preonda, on hom met los malvatz."
"senher" dis Brustamon, "si cum vos comandatz."
Et el a los menatz pel coman l' almiratz.
en nna tor escura a los Frances gitatz,
e jamays de pus fera parlar non auziratz.
dedins es tan escura que no y intra clartatz.
serps lay ac e grapautz enviro per totz latz.
la pudor de la mar lor fe gran mal asatz.
adoncxs an nostres comtes tro al fons avalatz.
de las playas Olivier cor la sanc per totz latz:
de l' engoycha que ac iiij vetz s' es palmatz.
mas li comte lh' ajudan entro que fo montatz
sus un pilar de marbre; e pueys es si pluratz.
"ay" dis el, "senhe payre, jamays no mi veyratz.
ar ay lo mariatge de ma sor refudat."
"senhe" so dis Berart, "per que vos gaymentatz?
tuh em per vos ayssi tristz e desconortatz."
ab tan ve us Floripar la filha l' almirat,
la plus gentil donzela de xiiij regnatz.
et a be los Frances anzitz et escontatz:
del plurar d' Olivier li pres gran pietatz.
Ar so nostres Frances en ta tor enserratz.
tuh foran ja peritz e comfig e negatz,
mas dedins ac un marbre en que s' en so montatz.
Olivier fe gran dol, a dieu s' es comandatz,
e' l duc Raynier de Gennes que l' avia engenratz.
Ab tan ve us Floripar, la filha l' almirat:
anc pus gentil donzela no vic lunh home nat.
de la sua faytura vos diray veritat.
ac lo cors bel e dreyt e ben afaysonat;
la carn avia pus blanca qu' evori reparat,
e la cara vermelha cum roza en estat,

e la boca petita, e tenc las dens serrat,
qu' ela avia pus blancas que neu can a gelat.
e cenh una correya de seda de baudrat:
la fuela fon rica de fin aur emerat.
ja luns hom que la cinte non aura 'l pel mesclat,
ni ja de lunh veri non er enpoyzonat.
e si avia iij jorns o iiij dejunat,
si auria el son cors del tot resaziat.
la donzela avia Olivier escoutat.
de la cambra salic, e davala 'l degrat;
ab lieys xv pieuzelas de mot gran parentat.
vengudas son al loc on payas son irat.
"digatz, c' avetz vos autres? e no m sia celat."
"dona, pres es vos frayre, Ferabras lo lauzat."
ab tan foron li dol del tot renovelat.
Gran dol feyro paya, e preyro s' a cridar:
Ferabras d' Alichandre auziratz reclamar.
Floripar autz la crida que meneron li bar
que eron en la carcer lo payre Ferabras.
lo carcerier apela, e vay li demandar.
"don so li cavayer que aug lay gaymentar?"
respon lo carcerier "be us o volray comtar.
dona, ilh son de Fransa, segon que aug gabar.
homes son del rey Karle que no devetz amar,
emperador de Fransa que el si fay nomnar.
cilh so que ajudero vostre frayre nafrar.
un n' i a entr' els autres que fay fort a lauzar:
luns hom no vic de carn pus format bacalar.
cel conquis Ferabras a batalha, so m par."
"Brustamon" dis la bela, "fay mi ab lor parlar.
de Ferabras mo frayre lor volray demandar."
"dona" dis Brustamon, "vos no y podetz parlar.
l' almiran vostre payre m' o a fayt afizar.
soen vetz hom per femna gran mal renovelar."
can l' enten Floripar, si cudet desenar.

"per Baſom, glotz" dis ela, "en ſol vos aug parlar.
ſapiatz qu' ie' us en faray voſtre loguier pagar."
ſon camarlenc apela belamens ses punhar:
cel conoc ſon coratge et enten ſon penſar.
viaſſament lh' anet un basto aportar.
denant l' us de la carcer vic Floripar eſtar,
donat lh' a lo basto. ela l pren a guarar.
semblan fe que la carcer li volgues deſfermar.
Brustamon lay anet, mas anc no s ſaup gardar.
Floripar lo cauzic, que bel ſap avizar:
denant ſi a ſos pes l' a fayt mort trabucar,
ſi qu' els huelhs de la teſta li fetz foras volar.
è la mar pus preonda a fayt lo cors gitar.
el fon tost afonzatz, car anc no poc nadar.
Frances agro paor, can l' auziro tombar:
peſero ſos diable que ls volgues enganar.
mas Floripar trames un ciri alumnar.
ela venc a la carcer, ſi la fetz deſfermar.
ſon cap a mes dedins, e ſi s pres a gardar:
un ciri tenc davant, que fort reluzic clar.
los Frances que lay foro comenſet apelar.
"ſenhors, don etz vos autres? no m' o vulhatz celar."
et els li reſpondero "be us o volrem comtar.
nos em, dona, de Fransa," dis Olivier lo bar,
"et em bome dc Karle que tant fay a lauzar.
l' almiran nos a faytz en esta tor ſarrar
et al fons de sa jus, e no y podem durar:
dami-dieu nos ajut, que ns a totz a jutjar.
dona, ſi a vos play, faytz nos dar a manjar."
ſo reſpon Floripar "vos sabetz ben parlar.
mas a totz covenra e pleuir e jurar
que vos faretz tot ſo qu' ie' us volray demandar,
e d' ayſſo m' aydaretz qu' ieu vos volray preyar."
"certas" dis Olivier, "be us volem fianſar
que ja no us ſalirem per nos membres trencar.

e si podem la sus als Sarrazis montar,
e que nos donetz armas que nos puscam portar,
nos farem a l las testas trabucar."
"vassal" dis Floripar, en fol vos aug gabar,
e val may bon calar que no fay fol parlar."
"dona" so dis Berart, "cel que sap ben cantar,
nota mot volontiers per so mal oblidar."
"per Bafom" dis la bela, "be us sabetz razonar.
ieu no say qui vos etz ni no us puesc adesmar:
mas ieu cug c' am piuzela sabriatz vos jogar."
so dis Guilhot l' Escot "be sabetz devinar."
so respon Floripar "ben er a esprovar."
E can ac Floripar ab los comtes parlat,
son camarlenc apela, Malmuzet de Gornat.
"portatz mi una corda grossa a gran plantat."
so respon Malmuzet "a vostra volontat."
la corda li portet volontiers e de grat.
aval per mieg la carcer lo Turc la vay lansar:
Olivier l' an a preza ab un basto liat.
tan fort a 'l camarlenc ab la dona tirat,
Olivier en an trayt per viva pozestat.
pueys an l' un apres l' autre de la carcer gitat.
belament los menet la filha l' almirat
per una gasta porta del temps d' antiquitat.
Malmuzet va davant, lo ciri alumnat.
vengutz son a la cambra, et an l' us desfermat,
et els s' en son intratz volontiers e de grat.
Mot fo rica la cambra; non a pus rica èl monde.
dedins fo Floripar, la filha l' almirante,
e fo lay sa maestra que ac nom Margarande.
e dis a Floripar "ieu vuelh que bom me tonde,
s' aquest no es Olivier, frayre d' Auda la blonde
e filh Raynier de Gennes: si no, [vuelh] c' om mi resconde.
non a si bela res coma Auda la blonde
de l' una mar a l' autra, tant can vola hironde."

"Filha" dis Margarande, "ieu vos dic per vertat,
aquest es Olivier c' a to frayre nafrat,
et aquel es Berart que hom a tan lauzat,
e Guilalmier l' Escot cel que li 's al costat;
aquel a nom Jaufre ab lo vis camuzat.
Bafomet mi maldia, cuy ay mon cors donat,
s' a l' almiran Balan non es trastot comtat."
can l' enten Floripar, tot lo sanc a mudat:
mot redupta son payre, car a gran cruzeltat.
anet a las fenestras del fi marbre obrat,
que fo davas la mar del palaytz qu' es listrat;
e sonet a la vielha, et ela venc de grat,
et ela venc corren, car no saup son pensat.
entro a las espallas a son cap fors gitat.
Floripar a guinhat Malmuzet de Gornat,
et el si venc corren, qu' enten sa volontat.
per las cambas la pren, car be saup son pensat.
'en la mar la balansa, no y a gayre punhat.
"vielha" dis Floripar, "a fol avetz parlat:
per vos no seran mays miey Frances lauzenjat."
can los comtes o viro, gran joya u' an menat.
Floripar venc als comtes; si los a enbrassat.
Olivier esgardet, tot lo vic sanglentat.
"senher" dis Floripar, "digatz mi veritat,
si vos avetz lo cors plagat ni mal menat."
"oc ieu" dis Olivier, "e lo flanc e' l costat."
so respon Floripar "ieu vo n daray santat."
e trays de son escrinh un bon enguen prezat.
ad Olivier l' aporta; e can l' en ac untat,
el si senti pus sas que lunh falco mudat.
en un' areyre cambra an lo foc alucat:
nostres Frances a' asezo pres d' un fornel privat,
e la tavla fo meza, can els agro lavat.
las donzelas los siervon volontieyras de grat.
nostre comte' mangero tot a lor volontat.

apres can an manjat, li banh son asermat,
e li comte lay intran, no ls an pas refudat.
apres s'en son salitz, can si foro banhat.
man ric vestit de seda lor foro aportat:
cascus ac bo mantel de pali ben obrat.
"Senhors" dis Floripar, "ie' us ay fora gitat
de la carcer preonda, on a gran cruzeltat.
Olivier qu' es ayssi a mo frayre nafrat.
mas ja no us cal temer, totz etz assegurat."
"senhors" dis la donzela, "entendetz mon pessat.
un cavayer de Fransa ay longuamens amat:
Gui a nom de Bergonha, mot ia bel armat.
depus qu' ieu fuy en Roma, el a mon cor emblat:
Lucafer de Baudrac abatet en un prat.
s' il non es mos maritz, no auray home nat.
per luy volray ieu creyre lo rey de majestat."
can Frances l' entendero, Jesus n' an merceyat.
"dona" so dis Berart, "si nos fosem armat,
be foran tost paya del palays fors gitat."
"senhors" dis Floripar, "ja no sia parlat,
e vos estatz sains ab joy et ab solatz.
ve us ayssi v donzelas joves de panc' etat:
prenetz cascus la vostra a vostra volontat,
et ieu gardaray vos a tota liautat.
car ieu non ay que fayre de negun home nat,
car a' n Gui de Bergonha ay mon cor autreyat."
Ar laycharem estar nostres baros sarratz,
e parlarem de Karle que tan fo reduptatz.
lo duc Raynier de Gennes li es als pes gitatz.
"senher" so dis Raynier, "per merce m' entendatz.
perdut ay Olivier que tan fo reduptatz.
anaray lo mati, can sera adiat;
iray querir mo filh, don mon cor es iratz."
can Karles l' entendet, si li n pres pietat.
Rollan a regardat, e si li dis en patz.

"bel nebs" so li dis Karles, "be fort soy ieu iratz
de mos nobles baros que son enpreyzonatz.
ieu vuelh vos e vj comtes qu' el mesatge fassatz.
anaretz lo mati; ad Agremonia intratz.
si trobatz l' almiran, ieu vuelh que li digatz
que m renda la corona don dieus fon coronatz
e las autras reliquias don ieu soy tan penatz,
et en apres que m renda mos cavayers membratz.
e si non o vol fayre, ja non er restauratz
que ieu no l fassa pendre, o sera escorjatz."
"senher" dis lo coms Guis, "aucioure nos faratz."
"senhors" dis le duc Naymes, "per que vos gaymentatz?
que nos sabem tuh be que per morir em natz.
nos farem lo mesatge ayssi cum comandatz;
e si n' i a negu a qui siam forfaytz,
per amor dieu s' acort que ns vuelha perdonar."
adoncxs viratz baros plurar totz aburatz.
l' emperayre lor dis "francxs cavayers membratz,
a dami-dieu de gloria siatz vos comandatz."
adoncxs s' en van li comte, can els foro montatz.
per una gran montanha si son encaminatz.
Ara laysem ayssi nostres baros estar:
de l' almiran Balan vos vuelh un pauc cumtar,
qu' estet ad Agremonia corrosos et iratz.
setz sus un fenestral que fo totz d' aur obratz.
us dels reys Sarrazis fon denant luy mandatz.
Moredas avia nom; tot premier a parlat.
"senher" dis lo paya, "per que m' avetz mandat?"
"senher" dis l' almiran, "vos n' auziretz vertat.
Karles lo rey de Fransa me quier granda foldad,
que vol tota Espanha e l' autre cretat.
mas enans c' aysso sia, sera mot car comprat,
e degra star suau lo vielh canut barbat.
anatz a Marimonda, on el te son barnat,
e digatz li que creza Bafomet de bon grat,

e m renda Ferabras, lo mieu filh reduptat.
e si non o vol fayre, el sera asetjatz,
qu' ieu lo n' iray requerre ab c melier armatz.
s' incontratz crestian que sia de mayre natz,
ab bran d' acier forbit sian a mort lionratz."
"senher" dis Moredas, "aucieure nos faratz."
l' almiran li respon "xv vuelh que siatz."
ab aquestas paraulas vec los vos adobatz,
e montan en las selas dels destriers sojornatz,
e parton d' Agremonia tuh ensemps ben armatz.
entro sus a Martiple no s son aremenatz:
al plus tost que els pogro son d' outra 'l pon passatz.
duc Nayme de Baviers s' es vas destre gardatz,
et a vistz los penos encontra 'l ven levatz.
"ay dieus" so dis duc Nayme, "e com em enginatz!
ve us que veno li Turc totz ensemps abrivatz."
"senher" so dis Rollan, "per que us espaventatz?
els no so xx ni xxx, que ieu los ay comtatz.
mas anem lor encontra, los gonfaynos levatz."
ab aquestas paraulas vec los vos adobatz
encontra ls xv reys, lors fres abandonatz.
ab tan ve us Moredas ab los reys totz armatz.
lay on vic los Frances, si ls a enrazonatz.
"estes vos crestia? per mal siatz trobatz.
jamay no veyretz Karle, vostre rey coronat."
"vassal" so dis duc Nayme, "vilanamen parlatz.
nos em home de Karle, lo fort rey coronat.
anam a l' almiran, si s vol crestianar.
e si non o vol fayre, sera deseretatz."
can Moredas l' enten, si los a escridatz.
"e voletz vos combatre? o c' avetz en pensat?"
"oc nos" so dis duc Nayme, "volontiers e de grat."
so respon Moredas "vostre temps vey finat,
c' aytals x n' auciria ans del solelh colcat.
trametetz m' en un jove, e sia ben armat:

vos avetz trop lo pel e canut e mesclat."
sos companhos apela; si lor a comandat.
"senhors" dis Moredas, "vas me vos esgardatz.
cum qu' aquest playt fenisca, d' ayssi no vos partatz:
car ilh seran per mi totz li vij conquistatz."
els autres lhi respondo "si cum vos comandatz."
can Rollans los enten, el ne fo mot iratz,
et a dit al paya "mal nos as esprovatz.
ar vos gardatz de mi, e faytz so que puscatz."
doncxs broca Valenti per amdos los costatz,
e si s fe Moredas, de ferir talentatz.
mot grans colps si donero sus los escuts blocatz:
desotz las blocas d' aur an lors escutz trancatz.
mas tan so ls aubercs fortz qu' en re no ls an falsatz.
las astas son brizadas e ls escuts pertuzatz.
traytas an las espazas dels senestres costatz.
Rollan le nebot Karle a son bran aut levat,
que l' elme del paya a trastot detrencat,
qu' entro sus a la sela en a son bran colat.
el a estort son colp; si l' a mort trabucat.
can o an vist li autre, mot ne son esmayat,
et a dit l' us a l' autre "mala ns an encontrat,
que mortz es Moredas, lo bon rey coronat.
ar pensem de l venjar, sian tuh degolat."
doncxs derengan payas corrosos et iratz,
et acuelho Rollan ab lors brans aceyratz.
e Frances derenguero encontr' aval los pratz
et acuelho payas, no ls an ges refudatz,
que no n' i a mas un qu' en sia escapatz.
entro ad Agremonia no s' es pas estancatz.
can lo vic l' almiran, amb el s' es razonatz.
si li a demandat "per que vo n' etz tornatz?"
el paya respondet "senher, ben o sabratz.
vij glotos encontrem dela Martiple èls pratz,
que eran crestias: so es fina vertatz.

eran home de Karle rey de Fransa, sapiatz,
et an mos companhos aucitz e detrencatz.
et ieu escapiey lor: ve us que m' en soy tornatz.
Bafomet los maldia e lor do mal asatz."
can l' entes l' almiran, pauc non es forsenatz.
Ar laycharem ayssi de l' almiran estar,
car de nostres baros volrem aras parlar.
Mot foro nostre comte trebalhatz e penatz.
"senher" so dis duc Nayme, "e com em enganatz!
nos tornarem areyre, si mon cosselh justatz.
per lo mieu esien ja non serem blasmatz."
"senher" so dis Rollan, "e vos cum si parlatz!
ieu no m' en tornaria per l' aur de x ciutatz,
entro aya parlat ab l' almiran Balatz.
ar fassam una causa de que sia parlat.
cascus prengna ij testas a l'arso nozelat,
e farem ne prezen perdenant l' almirat."
e Naymes li respon "que dis tu, forsenat?
aucieure nos vols totz, e serem turmentat."
so dis Teri d' Ardena "el a mot be parlat."
ab aquestas paraulas se son trastuh levat,
e cascus pres ij testas, si cum fo devizat.
tost et irnelamen si son encaminat.
duc Nayme de Bavier a denant si gardat,
e vi' l pont de Martiple e' l mur endentelhat.
"senhors" so dis duc Nayme, "auiatz qu' eus vuelh comtar.
ve us ayssi Agremonia on nos devem anar."
so dis Augier lo Daynes "pus nos cove a far,
car aysso es Martiple el gran pon ses duptar.
xx arcxs lay a de marbre, que fan mot a lauzar,
fay ab plom per cumpas: anc hom non vic son par.
et a una bertresca sobre cascun pilar,
e podo en cascuna xx cavayer estar.
li mur que son entorn, no y fan ges a laychar:
lo pus bas a x canas e may senes duptar.

la largueza del pont no vos say devizar:
be lay podo ensemps c cavayer passar.
x cadenas lay a de travers per fermar.
perdesotz cor una aygua, Flagot si fay nomnar.
us jayan garda 'l pont, que mot fay a duptar,
e te una gran massa qu' es de coyre mot clar.
no es hom qu' un basto pogues tan leu levar
cum el fa cela massa e levar e haychar.
qui l' almiran volra vezer ni esgardar,
pel mieg loc d' aquel pont lo cove a pasar."
"aylas" dizo Frances, "co n poyrem escapar?"
"senhors" so dis Rollan, "laychatz lo gaymentar:
car per aycel senhor que s laychet clavelar,
ieu ferray lo portier, s' ieu lo puesc atrohar,
qu' estara ayssi pla que ben poyrem passar."
e Naymes respondet "que dis tu, senher bar?
vols tu donar un colp per iiij recobrar?
si dieu platz ni a sa mayre que devem adorar,
tan lor diray mesonjas que be poyrem passar."
ab aquestas paraulas si van encaminar.
lo portier de lains los pres a regardar:
ab plus de mil payas venc lo pont avalar,
que tuh portan gazarmas e garnimens mot clar.
aqui fo le duc Nayme que saup mot ben parlar.
lo portier salh avan, per lo fre l vay guafar,
et a dit al duc Nayme "on voletz vos anar?"
e Naymes respondet "ieu no us o vuelh celar.
nos em home de Karle, lo noble rey ses par.
anam ad Agremonia un mesatge comtar
a l' almiran Balan que tan fay a duptar.
pero mot malamen vol son pays quistar.
xv glotos trobem desay Martiple èls pratz,
que nos volian tolre nos destriers sojornatz.
mas merce dieu de gloria els o an car comprat,
e portam ne las testas a Balan l' almirat,

que es ad Agremonia ab so noble barnat."
Can l' enten lo portier, pauc non es desenatz.
pueys a dit al duc Naymes "vassal, ar m' escoutatz.
lo trahut d' aquest pont vuelh que vos mi rendatz."
"sira" dis le duc Naymes, "ara doncxs le nomnatz."
so respon le portier "non es leugiers trobatz.
premieyrament deman cccc cers cassatz
e c piuzelas castas e c austors mudatz
e c palafres saurs, c destriers sojornatz,
apres d' aur et d' argen cc saumiers cargatz.
e qui no pot pagar, es tantost obligatz
per servar lo trahut que sia escapsatz."
"senher" so dis duc Naymes, "si pus en demandatz,
tot vos o donaray ans qu' el sol sia levatz.
ayssi ve nostr' arnes e c melier armatz.
asatz avem piuzelas ab bels cors honoratz,
et aubercxs e bos elmes e fortz escutz blocatz.
e prendetz ne, bel senher, a vostras volontatz."
el portier li respon "ara doncas pasatz.
anc mays no y paset home de so no fos pagatz
ans que pases le pont, o no fezes nos gratz."
Naymes laycha las regnas, e si s pres a pasar.
Rollan le nebot Karle en vay un ris gitar.
"per ma fe, senher duc, mot sabetz ben parlar."
et acuelho per forsa lo gran pon per passar.
e Rollan vay detras, lo noble e lo bar,
e cauzic un paya que vic latz si estar.
"ay dieus" so dis Rollan, "bel rey de majestat,
vos mi laychatz far cauza de que sia parlat."
el dissendet a terra del destrier sojornat,
e venc al Sarrazi. per lo flanc l' a cobrat:
tost et irnelament en l' aygua l' a tombat.
e pueys pres son caval et el es sus montat.
duc Naymes de Baviers a denant si gardat,
et a vist lo paya en l' aygua crebantat.

"Ay dieus" so dis duc Nayme, "qu' en la crotz fust levatz,
per Rollan serem huey trastuh a mort livratz:
car c melia diable l' an ayssi amenat."
tan cavalgo per forsa qu' el gran pon an passat.
entro ad Agremonia no an trop sojornat.
per mieg la major porta se so dedins intrat.
un Sarrazi encontran, et an li demandat
"on poyrem l' almiran vezer ni son barnat?"
el Sarrazi respon "ie' us o diray de grat.
vec le vos lay dedins sotz cel aybre ramat."
"Senhors" so dis duc Naymes, "a mi vos autreyatz
qu' ieu parle totz premiers, e vos tuh m' escoutatz."
"mas ieu" so dis Rollan, "senhors, si a vos platz."
e Naymes li respon "vos no faretz, si eus platz.
aucieure nos faretz ans qu' el jorn sia passatz."
els autres baros dizo "Naymes, vos comensatz."
per la porta major s' en son parlan anatz:
entro a l' almiran no son pas arestatz.
Duc Naymes de Baviers a premiers paraulat.
"aycel senhor de gloria que lo mon a creat,
sal e gar Karle mayne, lo bon rey coronat,
Rollan et Olivier e tot l' autre barnat;
e per la crotz del cap cofonda l' almirat,
car mot a malamens son pays aquitat.
xv glotos trobem dela Martiple èl prat,
que nos volian tolre nos destriers sojornat.
mas merce dieu de gloria, be o an car comprat,
e ve us aychi las testas, qu' en crezatz la vertat."
Can l' enten l' almiran, pauc non es forsenatz.
ab tan ve us lo paya que lor fo escapatz.
ab sa votz que ac clara a mot n aut escridatz
"ay senher almiran, siam ne nos vengatz.
aysso son li gloto qu' els reys an escapsatz."
so respon l' almiran "mot seran be vengatz."
pueys a dit al duc Naymes "augam que demandatz."

"volontiers" dis lo duc, "n almiran, pos vos platz.
sabs que t comanda Karle, lo bon rey coronat,
que lh rendas la corona don dieus fon coronat,
e las autras relequias don el es tan irat.
et en apres demanda sos cavayer membrat.
e si tu non o fas si cum ieu t' ay comtat,
Karle ti fara pendre coma layre provat,
que no t restauraria nulh hom de mayre nat,
o t menara ab si cum mausti encoblat."
e l' almiran respon "be m' as en gran viltat.
ar t' en vay lay sezer, car asatz as parlat.
e parlaran cels autres, que no say lor pensat.
Bafomet me maldia, cuy ay mon cor donat,
si ieu dormiray mays tro siatz demembrat."
"per fe" so dis duc Naymes, "ans auratz trop velhat,
car dieus m' en gardera e tot l' autre barnat."
En apres comenset Richart de Normandia.
"ar m' entendetz" dis el, "almiran de Nubia.
saps que ti manda Karles ab la barba floria
que t fasas bateyar per emendar ta via.
e ren li la corona que as foramania,
et en apres demanda sey cavayer noblia.
e si tu non o fas, be sapias ses bauzia,
Karle ti fara pendre, et er mot breu lo dia."
e l' almiran respon "Bafomet ti maldia.
ieu cre be que tu sias Richart de Normandia,
que m' aucizist Corsuble e mon oncle Mathia;
e no mangaray mays tan can seras a via.
ar t' en vay lay sezer latz cela cumpanhia,
e parlaran los autres que no ay auzitz mia."
Le duc Teri d' Ardena s' en es apres levatz:
l' almiran apelet ayssi cum auziratz.
"sabs tu que t manda Karle, l' emperador prezatz,
que lh rendas la corona don dieus fon coronatz,
e las autras relequias per cuy es tan iratz,

e crezas en Jesu e sias bateyatz.
en apres ti demanda sos cavayers membratz."
so respon l' almiran "don glotz, ara us calatz,
qu' enans que vega l ser vuelh que pengatz siatz."
"n almiran" dis Teri, "no seray, si dieu platz."
Lo pros Bazi de Genna s' es apres avan mis.
"almiran" dis lo comte, "entendetz mos latis.
per mi vos manda Karle, lo bon rey de Paris,
que crezatz dami-dieu que en la crotz fo mis,
e lh rendatz las relequias e ls cavayers de pris.
e si non o vols fayre, tu sias certs e fis
que Karle ti tolra la testa e ton pis,
o t fara tot viu pendre, e sera breus lo dis."
e l' almiran respon "mal mi sap car es vis,
e tu seras pendutz enans qu' el jorn falis."
"n almiran, no seray, que dieus m' en sera pis."
Mas Augier lo Daynes s' en es apres levatz.
l' almiran apelet si cum auzir poyratz.
"almiran" dis Augier, "si tot vos etz iratz,
entendetz que us diray: no n siatz corrosatz.
per mi ti manda Karle, nostre bos avocatz,
que lh rendas la corona e ls cavayers membratz
e las autras relequias que conquis Ferabratz.
e si tu non o fas, mortz iest e decassatz."
so respon l' almiran "be soy envergonhatz.
anatz vos lay sezer, c' asatz etz escoutatz.
mas enans de mieg dia auretz vos mal asatz."
"n almiran, non auray" so dis Augier lo bar.
Rollan le nebot Karle es è sos pes levatz.
tota la gent l' agarda, tant es grans e cayratz.
"Sarrazi" dis lo duc, "un petit m' escoutatz.
sabs tu que t manda Karle, lo fort rey coronatz,
que crezas en cel dieu qu' en la vergi fo natz.
e ren li la corona don dieus fon coronatz,
e las dignas releqnias per que es mot iratz.

en apres ti requier sos cavayers membratz.
e si tu non o fas, tan seras escapsatz
ab aquesta espaza que porte a mo latz."
so respon l' almiran "vassal, massa parlatz.
Bafomet vos cofonda, can soy envergonhatz.
e vos seretz pendutz ans qu' el jor sia passatz.
tornatz vos lay sezer de costa cels barnatz."
Lo coms Guis de Bergonha s' en es apres levatz.
l' almiran apelet si cum auzir poyratz.
"sabs tu que t manda Karle, l' emperayre prezatz,
que crezas dami-dieu e sias bateyatz.
e ren li la corona don el fon coronatz,
e las autras relequias don el es tan penatz.
e manda que li rendas sos cavayers membratz.
e si tu non o fas, mort iest e decassatz,
e t fara tot viu pendre, que non escaparatz."
so respon l' almirant "mot soy envergonhatz.
ar vos anatz sezer, vostre temps er finatz:
jamays autre mesatge per vos non er portatz,
car vos seretz pendutz o seretz escorgatz."
respondet En Guio "no seray, si dieu platz.
fort nos avetz a totz malamen menasatz:
encara us gitarem d' aquetz vostres palaytz."
L' almiran s' en intret corrosos et iratz,
et apelet Brullan cuy era Monmiratz,
Sortibran de Coimbres e dels autres asatz.
"baro" dis l' almiran, "quinh cosselh mi donatz?
auzit avetz cum soy è ma cort vergonhatz."
"senher" dis Sortibran, "bon conselh vos er datz.
trastuh sian pendutz et en forcas levatz.
apres vos anaretz on Karles es lotjatz,
e penretz lo per forsa, e sera enforcatz."
so respon l' almiran "si cum vos devizatz.
anatz mi tost als autres, de carcer los gitatz."
Floripar la corteza los a totz escoutatz,

e salic de sa cambra e davala ls degratz:
entro sus a son payre no si restanquet pas.
"payre" dis Floripar, "ie' us prec que m' entendatz.
qui son cest cavayer? per Bafom, no m mentatz."
"filha" dis l' almiran, "els son de Fransa natz,
e soy è mon palays per els envergonhatz.
e digatz mi, ma filha, quinh cosselh mi donatz?"
"senher" dis Floripar, "ieu lo us diray assatz.
vos los faretz totz pendre, o seran desmembratz,
e los pes e los mas totz agan detrencatz."
"filha" dis l' almiran, "si cum vos comandatz.
ar anatz per los autres, de carcer los gitatz."
"senher" dis Floripar, "vos noca us etz dinnatz,
e si faytz far justezia, trop fort dejunaratz:
non mangaratz vos huey tro qu' el jorn fos passatz.
lieuratz mi los Frances, que be saran gardatz.
pueys ne faretz justezia, can vos seretz dinnatz."
"filha" dis l' almiran, "bon cosselh mi donatz.
faytz los ne doncxs menar lay on comandaratz."
"senher" dis Sortibran, "ar vey qu' etz enganatz.
hom no deu creyre femna, trop mal n' es alucatz."
Can Floripar l' enten, cuyda enrabiar.
gloto l' en apelet, que no s' en pot estar.
"filh de puta" dis ela, "en fol vos aug gabar.
si per las autras donas non fezes a blasmar,
ieu vos dera tal colp que us feyra trabucar,
e us feyra las cervelas del vostre cap sautar."
"filha" dis l' almiran, "tot so laychetz estar.
mas prendetz los Frances, si los faytz ben gardar.
aqui on so li autre, hom los fassa estar,
e farem ne justezia ades apres dinnar."
Ela dis als Frances "senhors, avant anatz."
entro pres de la carcer no si son arestatz.
"ay dieus" so dis duc Nayme, "bel rey de majestatz,
qui vic si bela dona oncas de lunhs regnatz!

be l' avria Jesus benezit e senhat,
en cuy ela auria son coratge donat."
e Rollan li respon "trop avetz foleyat."
"senher" so dis duc Naymes, "joves fuy per amar."
"senhors" dis Floripar, "ayseo laychatz estar:
car non etz pas ayssi vengutz per sojornar."
en la cambra los met ses pus de demorar.
apres a fah las portas Floripar be tancar.
Can nostre baro foro en la cambra intrat,
Rollan vic Olivier, e si l' a enbrassat.
e si s feyro li autre, que be lor venc en grat.
"companh" so dis Rollan, "e cum vos a estat?"
so respon Olivier "co hom enprezonat.
per dieu, que fay mon payre? companhs, no m sia celat.
ni que fa Karle mayne, lo bon rey coronat?"
"senher" so dis Rollan, "que so per vos iratz.
Karle nos a trames que saupsem on .. atz."
"senhors" dis Floripar, "a mi vuelh qu' entendatz.
ieu vuelh que tuh ensemble vostra fe m pleuiatz
que faretz so qu' ieu vuelha ses totas falsetatz."
"volontiers" dizon tuh. "veyam que demandatz."
Floripar abraset Richar de Normandia.
"e cum avetz vos nom? no m' o celetz vos mia."
"dona" so dis Richart, "no us o celaray mia.
hom m' apela Richart; natz fuy è Normandia."
so respon Floripar "Bafomet ti maldia:
tu m' aucizist Corsuble e mon onele Mathia.
mas be t restaurara cest autra baronia."
Floripar pres Rollan per lo notz del baudratz.
"e cum avetz vos nom, franc cavayer membratz?"
"dona" so dis Rollan, "mos nom no us er celatz.
hom m' apela Rollan, can soy per dreyt nomnatz,
e soy nebotz de Karle, e fuy de sa sor natz."
"ay dieus" dis Floripar, "tu n sias honoratz."
ela li catz als pes. "senhe, merce m' ayatz."

e Rollan la redressa belamens et en patz.
"senhors" dis Floripar, "tuh m' avetz afizatz
que d' aysso qu' ieu volray va Karle m' ajudatz."
dis Rollan "oc, donzela: vegam que demandatz."
"ie' us demau per marit un cavayer onratz,
Gui a nom de Bergonha, car fort es bels armatz."
"pieuzela" dis Rollan, "a vostras volontatz.
non a entr' el e vos iiij pes mezuratz."
"senhors" dis Floripar, "ara doncas lo m fermatz."
"venetz avan, don Gui; la molher vos fermatz."
"senhors" dis En Guio, "ja vos non o vulhatz,
que ja ferme molher ni sia molheratz,
si Karle no la m ferma, lo bon rey coronatz."
can l' enten Floripar, tot lo sanc li 's mudatz,
e jura Bafomet "si vos no mi fermatz,
ieu vos faray totz pendre, o seretz desmembratz."
"cozi" so dis Rollan, "faytz nostras volontatz."
"senher" so dis En Gui, "ayssi cum vos vulhatz."
per la ma pren eascu, si los a afizatz.
"ay dieu" dis Floripar, "tu n sias honoratz.
ar ay la re del monde que pus avia amat.
e faray mi per luy bateyar de bon grat,
e creyray Jesu Crist, lo rey de majestat."
lo bras li met sul col, si l' a fort abrassat.
mas no l' auza bayzar, car no n a comiat,
per so car es payana, que be lh vengra a grat.
la pieuzela s' en intra ab gen cors honorat,
e vene ad un escrinh, mot tost l' a desfermat.
un ric pali de seda de lains a gitat,
e desobre un marbre l' a mot gen despleyat,
e pauza y la corona don dieus fon coronat,
e los santes clavels e' l signe honorat.
Ara laychem aychi nostres baros en patz,
car els an azorat las relequias en patz.
de l' almiran Balan vos er dita vertatz,

que setz gen al dinnar, el e totz sos barnatz.
ab tan ve us un paya qu' en la sala es montatz;
Lucafer de Baudrac fo sos nom apelatz:
non a si felo home en xiiij regnatz.
Lucafer s' en montet en la sala peyrina.
lay on vic l' almiran, en auta votz li 'scria
"senher rey almiran, digatz mi ses bauzia,
qui conquis Ferabras, lo rey que tan valia,
el milhor cavayer que fos desay Suria?"
"per fe" dis l' almiran, "no us o celaray mia.
us Frances l' a vencut en batalha ranjia,
e si es bateyatz, don ne perdray la via.
e pueys si venc Brullan e lo rey de Ongria,
v prezes amenero que so en establia.
e si a vij mesatges de Fransa la garnia,
que m' an mot vergonhat denant ma baronia.
a Floripar ma filha los ay mes en baylia."
"senher" dis Lucafer, "per so fist gran fulhia,
car femna en pauc dora son coratge cambia.
mas iray ad els, si Bafom benezia,
e sabray dels qui so ni de cal baronia."
"anatz" dis l' almiran, "Bafomet vos bendia.
si amenatz ma filha, Floripar la chauzia."
Lucafer de Baudrac fo de mot gran fertat.
vengutz es a la cambra del fi marbre listrat.
tant era de mal cor que non a mot sonat,
mas levet lo pe destre, que a gros e cayrat.
de tal forsa fier l' us que lh gofon so volat:
èl mieg loc de la cambra cazec l' us eversat.
can o vic Floripar, tot lo sanc a mudat.
Rollan lo nebot Karle a premier apelat.
"senher, d' aquest mi venga, si vols aver mon grat.
so es cel que hom m' a per marit tan parlat."
"dona" so dis Rollan, "no n sia pus parlat,
qu' enans qu' el s' en retorn, sera ben aquitat."

ab tan vec vos vengut lo rey tot azirat.
los baros vic armatz, mas non a un duptat.
trastot premieyramen a Naymes encontrat,
c' avia 'l pel canut: l' elme n' era ostat.
lo paya lo sayzic per son grinho mesclat:
contramon lo levet; pauc no l' a eversat.
el li a en Frances duramens demandat
"don iest tu natz, vilhart? gara no m sia celat."
e Naymes li respon "vos n' auziretz vertat.
ieu fuy natz en Baviers, e si tenc l' eretat.
ostatz la ma, bel senhor, de mon grinho barbat,
car ieu n' us diray ja tot so c' ay en pensat."
el paya respondet "tot vos sia perdonat."
Naymes receup son bran, c' om li ac aportat:
sul nozador del col tal colp li a donat,
lo cap ad una part e' l cor cay eversat.
Floripar la corteza tantost l' en a levat,
et am sas companhonas en l' aygua l' a gitat.
e pueys dis Floripar "complit ay mon pensat
de Lucafer, que tant m' avia hom parlat."
"senhors" dis Floripar, "entendetz mon pensat.
l' almiran e sos homes son tuh assegurat.
el amava cest Turc pus que lunh home nat.
el lo fara seguir, ja no er trastornat.
e si eus troba sayns et aychi arnescat,
no us gueriria tot l' aur de la crestiandat.
ara prenga cascus son bon elme gemat,
e prendetz vos escutz qu' en els vos ayzinat,
e anatz vo n lajos en cel palays listrat,
e guardatz vos no y sia negus estalviat."
"certas" dizo li comte, "mot avetz ben parlat."
cascus pres son bon elme e l' espaza al latz:
lors escutz abrasatz s' en ieycho arengatz,
ardih coma leo, duy e duy ordenat.
Rollan anet premiers, lo vassal esprovat;

costa luy Olivier, que tan sap de barnat,
e pueys vengro li autre, de ferir talentat.
payas e Sarrazis an en sezens trobat.
Rollan crida "Monjoya! baro, feretz de grat."
Olivier vay ferir lo fort rey Rodoat,
e per mieg las fenestras del rie palays listrat
en salh cel que pus pot, com home desenat.
can l' almiran los au, tot lo sen a mudat:
a las fenestras cor cum hom enrabiat,
e pauza los pes sus et sautet èl fossat.
Rollan lo cuyd' atenher de son bran aceyrat,
e det tal sus un marbre c' un cartier n' a valat.
Frances prendo la tor e' l gran palays listrat.
be l' an de Sarrazis e de Turcxs deslieurat,
pueys an clauzas las portas e lo pon sus levat.
ara pens dieus qu' els ayo vianda a plantat.
e l' almiran Balan que fo bas èl fossat,
Sortibran de Coimbres l' en a pel ma gitat.
Ar son nostres Frances sus en la tor cayrada:
Sarrazis lor asalho, la puta gen malvada.
l' almiran apelet Malpi de Granmolada:
non a si fort layro jusc' a la mar betada.
"Malpi" dis l' almiran, "per ma barba mesclada,
si avias la centura a ma filha panada,
ieu t' en daria d' aur una mula carguada.
e pueys auran Frances vas mi pauc de durada:
tan can dur la centura, la tor no er afamada."
"senher" so dis le layre, "ades a la vesprada
vos auray la centura e la filha panada."
can l' enten l' almiran, gran joya n' a menada.
lo layre esperet tro miega nueyt passada.
vengutz es al fossat, pres de la tor cayrada.
tantost intret dedins cuendamens a celada.
venc a l' us de la cambra: si la trobet tancada.
et a dit son conjur: tota s' es desfermada.

li bar dormiro tuh per la sala listrada.
mantenent ac lo layre nostra gen encantada.
lo coms Guis de Bergonha ab la cara membrada
setz en una fenestra devas la mar salada
per gaytar de la ost que es defors ajustada.
e lo layre no fetz pus longua demorada,
venc al lieyt Floripar qu' es pus bela que fada.
tan cerquet la centura lo glotz tro l' ac trobada.
e tantost s en chet las per la fiuela daurada.
Floripar esgardet que vic gen colorada:
ab luy volgra jazer, tan fortmen li agrada.
per los flancxs nut e nut lo glotz l' a enbrassada.
la pieuzela s' escrida: si s' es n aut escridada.
"Santa Maria dona, regina coronada!
e vos on etz, baros? trop faytz gran demorada:
ja m' aura cest diable fors de mo sen gitada."
"per Bafom" dis lo layre, "ja no y auretz durada:
o vos vulhatz o no, seretz despieuzelada."
vij pieuzelas i corro totas descabelhadas:
e can viro lo layre pus negre que molada,
tota la pus ardida es en fugen tornada.
lo glotz a Floripar desotz si eversada:
per lo mieu ensien ja l' agra vergonhada.
lo coms Guis de Bergonha a la noysa escotada:
a la cambra el venc de tan gran randonada,
e can vic lo layro, sapiatz que no lh agrada.
el escrida s' amia "no us duptetz, ma fermada."
can lo layre lo vic, sapiatz que no lh agrada.
mas lo coms lo feric de s' espaza temprada,
en doas partz a luy e la cinta trencada.
la candela del layre es a terra volada,
anc pueys l' encantamen non ac pus de durada.
donc si levon li comte a cela revelhada.
En Guis lor a la cauza de cap en cap comtada.
lo layre an gitat per mieg d' una prinada

ab tota la centura ins en la mar salada.
ay dieus, per que o feyro ta mal endestinada!
jamays aquesta perda no sera restaurada.
perdud' an la centura e dins è mar gitada,
qu' ela valia d' aur una gran tor sarrada.
can Floripar o saup, entr' els corset plasmada.
e can Frances o auzo, sapiatz no lor agrada.
entr' els an belamens Floripar conortada.
lo jorn es aparutz, bela 's la matinada.
paya corro ad armas, la puta gen malvada.
ja volran asautar cela fort tor cayrada.
Lo jorn aparec clars, can fo 'l solelh levatz:
paya corro ad armas e so s totz adobatz,
Sortibran de Coimbre e dels autres asatz.
"baro" dis l' almiran, "quinh cosselh mi donatz?
pus lo layre no torna, mortz es et afolatz."
"senher" dis Sortibran, "per fe so es vertatz.
faytz doncx sonar vos grayles, e la tor asautatz."
adoncxs lor asautero enviro per totz latz.
e Frances lor lansero los grans cayres talhatz,
e cels que acosiego, es tot lor temps finatz.
Falitz lor es lo vis, la carn, el pa, el blatz.
las picuzelas an fam ab gen cors honoratz.
Floripar s' espalmet, que tan a grans beutatz.
Gui l' anet redressar, sos novels maridatz.
adoncxs a fayt tal dol c' a pauc no es tombatz.
et apela Frances, ab lor s' es razonatz.
"baro" so dis le comte, "prec vos que m' entendatz.
paya nos an sains en estz murs esserratz.
nos non aguem vianda, ben a iij jorns passatz:
e si perdem las donas, serem ne adantatz.
per Sant Peyre l' apostol, que de dieu es privatz,
mays amaria mon cors en x locxs fos nafratz.
iscam nos en defors, los aubercxs endossatz,
e cercarem vitalha ab los brans aceyratz.

mays am morir defors que dins meure famatz."
e Frances respondero "tot so es veritatz."
"senhors" dis Floripar, "prec vos que m' entendatz.
mot es prezatz petit lo dieu que vos amatz.
si tan acsetz vos autres nostres dieus reclamatz,
a manjar et a beure agratz pro et asatz."
"pieuzela" dis Rollan, "ar doncxs los nos mostratz:
e si ilh son tan bo cum vos aychi comtatz,
nos los adzorarem, aysso es la vertatz."
Floripar lor respon "ades doncxs o veyratz."
per un sotol terci a los comtes menatz
dreyt a la sinagoga: el us fon desfermatz.
lay estet Tervagan et Apoli de latz,
e sobre totz aquestz Bafomet mal fadatz.
del pus fin aur d' Arabia era cascus formatz.
"vassals" dis Floripar, "ara los adzoratz."
"dona" so dis Augier, "mot los ay sermonatz."
"per dieu" dis lo coms Guis, "pauc son apoderatz,
car ilh son adormitz et an lors huelhs huflatz."
d' Apoli s' apropchet: a terra fon gitatz.
Augier fier tan Margot tro que fo peseyatz.
"pieuzela" dis Rollan, "malvatz dieus adzoratz,
que pus que son cazutz, non es us vieus levatz."
"certas" dis Floripar, "so es fina vertatz.
si jamays los azor, ieu vuelh que m' aucizatz.
ara prec cel senhor qu' en la crotz fo levatz,
e la santisma vergis que l portet a son latz,
que ns trasmeta de Fransa breumen de sos barnatz
e nos do a manjar per las suas bontatz."
"senhors" dis Olivier, "per fe trop demoratz."
"companh" so dis Rollan, "aysso es veritatz."
tost et irnelamen an lors escutz cobratz,
e portan lors espazas als senestres costatz.
venguh son als estables, lors cavals an trobatz:
li comte i montero, als estrieups fon ficatz.

e pueys van a la porta, lo pont es davalatz.
ar los condua dieus qu' es vera trinitatz,
car els son fors salitz del castel, so sapiatz,
et enans qu' ilh repayro auran mans colps donatz.
Rollan le nebot Karle a Naymes apelat.
"senher, vos romandretz, e Teri l' abdurat,
per gardar la intrada tro siam repayratz."
"senher" so dis duc Naymes, "ans sia ieu crematz
qu' ieu ja sia portiers a tota ma etat.
aras conoc ieu be que petit mi prezatz."
"per fe" dis Olivier, "Nayme ditz veritat.
vos anaretz ab mi, bel senher, si vos platz,
e Teri romandra e Bazis lo lauzatz."
E can Teri d' Ardena a la paraula auzia,
que lo coms Olivier de romandre lo pria,
de mal talen que a tot lo cor li fremia.
e dis ad Olivier "vos pesatz gran folia,
car dizetz qu' ieu romanda en esta fermaria."
"senher" so dis Rollan, "pel filh Santa Maria,
vos e Bazi gardatz cesta porta garnia."
li comte so montatz suls cavals d' Arabia,
e son salitz defors entr' els Turcxs de Suria.
li baro cavalguero per la gran pradaria.
dami-dieu lor ajut, lo filh Santa Maria,
qu' ilh van querre vitalha, car grans obs lor seria.
Le jorn fo bels e clars, e fo mieg jorn passatz:
li comte cavalguero en contraval los pratz,
e Turc e Sarrazi lay foren ajustatz.
e l' almiran Balan s' es aval regardatz,
et a vistz nostres comtes suls destriers sojornatz.
l' almiran apelet Brullan de Monmiratz,
Sortibran de Coimbres e dels autres asatz.
"baro" dis l' almiran, "quinh cosselh mi donatz?
lay cavalgan Frances, lors golfaynos levatz,
e s' am vida n' escapan, mot en seray iratz,

car aquels son li comte qu' estan dins enserratz."
can payas l' entendero, mot si son tost armatz.
e Frances s' eslaychero, lors fres abandonatz:
dels esperos donavo als destriers sojornatz.
Rollan crida "Monjoya! baro, ara lor datz."
ab son espieut trencan el n' a x trabucatz.
cascus de nostres comtes si s' es ben esprovatz.
ab tan ve us Clarion ab xx melia armatz:
neps era l' almiran e de sa seror natz.
Ab tan vec vos punhen Clarion lo leugier,
et ac en sa companha xx melia cavayer.
Rollan a escridat Berart de Monleudier,
En Gui com de Bergonha e lo Daynes Augier.
"per dieu al ben ferir, nobili cavayer:
fasam que las pieuzelas agueson que mangier,
e nos autres meteis, que be ns auria mestier."
el a trayt Durandart, e broca son destrier.
amon per mieg son elme feric Flori de Quier:
trastot l' a perfendut entro sus al braguier.
d' aquel colp s' espavento li gloto aversier:
ayssi fuio Rollan com alauza esparvier.
adoncxs s' es escridatz Berart de Monleudier
"ar pense de be fayre qui volra domneyer."
la paraula Berart fa ls comtes alegrier.
adoncxs viratz Frances sus payas cavalguier:
de mortz e de nafratz fan lo camp enjonquier.
mas si Jesus non pensa, els auran destorbier,
car tans payas lay a, no ls podon avizier.
Mot fo sobriers l' estorn dels cavayers membratz,
mas payas son cregutz, los malvatz renegatz.
en pauca dora foro c melier ajustatz,
e Frances s' en repayro belamens per los pratz.
aventura lor venc: dieus en sia lauzatz.
al repayrar qu' els feyro, an xx saumiers trobatz,
que de vi, que de blat e de carn son cargatz.

us paya de Margota los i a amenatz.
los Turcxs que los menavo an mortz et afolatz,
pueys an totz los saumiers denant lor arotatz.
duc Naymes los conduy e 'ls autres van de latz,
e Rollan va detras ab lo cor abduratz,
et Olivier ab el, que venquet Ferabratz.
e Sarrazi lor veno que los an escridatz.
li baro si virero suls destriers sojornatz,
e trazo lors espazas que tenon als costatz.
cuy cossegon a colp, es son temps afinatz.
ab aytan fo l' estorn del tot renovelatz.
li Turc trazo sagetas ab lors arcx atensatz.
lo duc Bazi de Lengres fo aqui mortz gitatz.
lay correc Olivier et Rollan totz iratz,
e' l com Gui de Bergonha et Augier lo lauzatz.
e paya les asauto enviro per totz latz:
ab lors arcxs Turques van denant totz abrivatz.
Clarion los escrida "Frances, no y duraratz."
can Guio los enten, vas luy s' es retornatz.
mas enans que l feris, fo mot mal encontratz.
desotz li fon aucitz lo destrier sojornatz.
lo coms cazet a terra. mas ans que fos levatz,
be y ac mil Sarrazis, don fo revironatz,
e fo saysitz per forsa e mal son grat sobratz.
e can l' agron trayt l' elme que fo totz d'aur obratz,
d' una cenha de pali li an sos huelhs bendatz
e las mas tras lo dos estreytamen liatz.
lo coms reclamet dieu que fo de vergi natz.
"ay Karle mon bel oncle, jamay no mi veyratz."
dis lo rey Clarion "vos dizetz veritatz.
a l' almiran Balan seretz ades leuratz.
hom vos gardara huey: dema seretz peniatz."
so respon Don Guio "no seray, si dieu platz."
Frances vezo 'l com Gui cum si es encombratz,
e laychero la preza, e so s' en repayratz.

mas lo coms Olivier s' es mot be avansatz:
v paos a sayzitz e vij grans pas asatz
e plen bossel de vi: ab tan s' en es anatz.
e payas los encausan, mot los an escridatz:
entro sus a la porta los an asolasatz.
le pont gandic les comtes, mas trops n' an peseyatz.
pus d'una balestada an payas reculatz.
areyre s' en repayro, el pont es relevatz.
Rollan dichen a terra dolens e corrosatz,
e lo Daynes Augier et tot l' autre barnatz.
de la vitalha s' es Olivier destrosatz:
el no la dera pas per l' aur de x ciutatz.
ab tan ve us Floripar la filha l' almiratz,
e lay on vic Rollan, tost l' a enrazonat.
"senher, on es En Gui, mos noels maridatz?
car am vos l' en menetz: rendre lo mi devratz."
"bela" so dis Rollan, "En Gui es arestatz.
paya lo nos an pres, don ieu soy mot iratz."
can l' enten Floripar, tot lo sanc li 's mudatz:
a sos pes s' es palmada sus los marbres listratz.
Rollan la redresset, et es si fort pluratz.
Can la pieuzela fo de plasmazo levada,
ab sa votz que ac clara s' es mot n aut escridada.
"baros, per cel senbor que fetz cel e rozada,
s' ieu no cobre En Gui a cuy deg eser dada,
ieu rendray esta tor ans dema la vesprada.
dona santa Maria, regina coronada,
ieu ja devia eser d' En Guio marldada
e per amor de luy lavada e bateyada.
lasa, nostr' amistat a petit de durada.
dieus, tenetz nos ensemps, o seray desenada.
aras ay ben la fam e la set oblidada."
Rollan vic la pieuzela que tant s' es gaymentada.
dousamen li a dit "calatz vos, bela nada,
qu' ieu vos rendray En Gui ans dema la dinnada."

can l' enten Floripar, a sos pes s' es baychada.
Rollan lo neps de Karle l' a va de se levada.
"Bela" so dis Rollan, "per dieu no us irascatz:
car si dieu platz lo payre, En Guio cobraratz."
"senhors" dis Olivier, "vas mi vos entendatz.
per dol ni per plurar no er ja recobratz.
tres jorns a no mangem, per qu' ieu soy afamatz,
ni vos ni las pieuzelas que ns an ayssi gardatz.
ieu ay preza vitalha, e mangem la, si eus platz."
"companh" so dis Rollan, "dieus en sia lauzatz.
aras anem mangar, si vos o autreyatz."
a la tavlas s' asezo, et an les hus barratz,
e las francas pieuzelas que sezon latz e latz.
de beure e de mangar es cascus asazatz.
E l' almiran Balan es als traps retornatz,
e davant luy fon Gui de Bergonha menatz.
del dos lh agron ostat lo fort auberc safratz.
el fo enegrezitz e totz descoloratz:
car non avia mangatz, ben a iij jorns pasatz.
l' almiran li demanda aysi co hom iratz:
"vasal, di mi to nom, e no m sia celatz."
so respon lo coms Guis "be us n' er dita vertatz.
hom m' apela En Gui: de Bergonha fu natz,
e soy cozis Rollan que tan es reduptatz."
e l' almiran respon "ieu te conoc, asatz.
ja a pus de vij mes e complitz e pasatz
que lo cor de ma filha es en t' amor pauzatz.
certas ieu ti promet que tu seras pengatz."
so respon lo coms Guis "be leu hi pecaratz."
can l' enten l' almiran, d' ira fo alumnatz.
us Sarrazi si leva que ac nom Falsabratz,
e leva lo punh destre, per ferir entensatz,
e pauzec li tal colp cum si hi fos plantatz.
lo bar receup lo colp, e si es eversatz.
can o vic l' almiran, d' ira fo alumnatz.

en auta votz escrida "est gloto mi liatz."
e Sarrazi lo prendo d' enviro per totz latz:
de punhs e de bastos li an trops colps donatz.
l' almiran los escrida "gardatz no l' aucizatz."
so respondo paya "si cum vos comandatz."
a 'n Guio de Bergonha an be los mas liatz.
L' almiran apelet de sos baros privatz.
"baro" dis l' almiran, "quinh coselh mi donatz
d' aquest Frances qu' es pres, per qu' ieu soy vergonhatz?"
"senher" dis Sortibran, "vos l'auciretz, si eus platz.
voletz vos la tor penre ni ls Frances eserratz?"
"oc ieu" dis l' almiran, "pus c' ome que sia natz."
"senher" dis Sortibran, "coselh vos er donatz.
tost e celadamen x melia Turcxs armatz.
farem los amagar en cels brulhetz ramatz.
pueys faretz unas forcas levar en cels fosatz:
vezen cels de la tor, est baro pengaratz.
car say que Frances so aysi desmezuratz
qu' els saliran defors, si que vos o veyratz.
e sian vostre Turc dins los bruletz ramatz,
et aurem los Frances, e seran enforcatz."
"per fe" dis l' almiran, "est coselh es senatz.
aysi vuelh que sia fayt, pus vos o coselhatz."
L' almiran Balaan no si volc pus tarzar.
x melia Sarrazis fetz èls bruels enboscar:
a Clarion los bayla et al rey Tornafar.
pueys a fayt unas forcas sus el valat fermar:
a xxx Sarrazis a fayt Guio menar.
menavo lo baten, que no l' volo palpar:
en xx locxs en sa carn li fan lo sanc rayar.
una corda li van entorn lo col liar.
entro sus a las forcas no l volo estancar.
lo coms reclama dieu que li vuelha aydar:
"aya merce de m' arma." don comensa plorar.
"ric barnatge de Fransa, ar me veneiz aydar.

senher cozi Rollan, ja m teniatz tan car:
si vos mi laychatz pendre, faretz gran mal estar."
Rollan lo neps de Karle s' es anatz aprosmar
desobre las fenestras del ric palaytz plenar,
e regardet jos si avat pres de la mar,
e vic las forcas dreytas de costa un caslar,
e los xxx payas enviro arengar.
ab tan el apelet Olivier e li bar.
"senhors" so dis Rollan, "be m pnesc meravilhar:
car ieu veg unas forcas en cel tertre fermar."
"senher" so dis duc Naymes, "ieu no vey que celar.
pengar volo En Gui e sus al ven levar.
vezetz lo lay tot nut: ja l' an fayt despulhar.
si tost no lh secorrem, ja l veyretz sus levar."
ab tan ve us Floripar, que los aùzic parlar.
can ela vic las forcas, non ac cor de cantar.
"e que faytz vos?" dis ela: "digatz m' o ses punhar.
e laycharetz" dis ela "En Guio vos pengar?
per aycel magne dieu, que tot a a jutgar,
tot le mon, si el mor, no us poyra restaurar,
que ieu d' aquesta tor no us fasa totz tombar."
denan los pes Rollan se pres a genolhar.
"senher neps Karle mayne, per dieu vos vuelh preyar
c' anetz al mieu amic secorre et aydar.
montatz sobre ls cavals, no y fasatz lonc estar."
Rollan s' es escridatz "baro, pesem d' armar,
et anem a 'n Guio secorre et aydar."
Adoncxs viratz als comtes lors vertz elmes lasar.
de la tor davalero, no y volgro puis estar.
e Floripar lor va lors cavals fors gitar,
e totas las donzelas la van asolasar.
cascus pres son caval ses pus de demorar.
dieus ajude a 'n Gui: car trop poyran estar.
si tost no li secorro, prop es del deslieurar.
"Senhors" so dis Rollan, "tuh vuelh que m' entendatz.

nos non em mas can x de cavayers membratz.
per amor dieu vos prec, tuh ensemps vos tengatz,
e cascus de ben fayre sia entalantatz,
e la us garde l' autre, can serem ajustatz.
e si la us cazia, tost en fos relevatz.
ni per mort ni per vida negus no defalhatz:
car s' aysi non o fam, ja non repayraratz.
ieu seray l' estandart: ab me vos reliatz.
tan cum le bran mi dur, bon guerén vos auratz:
de cal part vos vengatz, al camp me trobaratz."
e li baro respondo "si cum vos comandatz.
ar sia dieus de gloria nostre bos avocatz."
"senhors" dis Floripar, "tròp vey que demoratz:
qu' En Gui sera pendutz, si gayre hi punhatz."
en la cambra s' en intra, l' escrinh a desfermat:
aportet la corona don dieus fon coronatz.
cascus la mes sul cap sus lors elmes gematz;
ara son li Frances aychi aseguratz.
que no temo payas dos deniers monedatz.
ab cadenas de fer es lo pont davalatz:
belamen s' en aneno, e cascus s' es senhatz.
denan los bruelhs a' en passo anan per mieg los pratz.
Floripar leva 'l pon et a' ls portals fermatz.
Paya son a las forcas (mal sian els trobatz),
que a 'n Gui de Bergonha los seus huelhs an bendatz,
et ac liam al col e' ls mas detras liatz.
paya cridan "an sus, e sia tost pengatz."
e Rollan venc punhen et a los escridatz.
"culverh, laychatz lo leu, que car lo compraratz."
Rollan crida "Monjoya! baro, ara lor datz."
can payas l' entendero, vec los vos esfredatz,
que tot lo pus ardit es en futa tornatz.
Rollan pumh Valenti dels esperos dauratz,
et Olivier apres de gran cors abrivatz,
et Augier e li autre, cuy dieus cresca bontatz.

los payas que encontro an mortz e trabncatz,
e dels xxx que y ero an los xx afolatz.
Li paya si desboscan fors des brulhetz ramatz.
Tornafer de Baudas venc premiers abrivatz.
en auta votz escrida "Francés, no y duraratz,
ni 'l pendut l' almiran ab vos non tornaratz.
venetz li ajudar: ab luy pendutz seratz."
can Rollan l' entendet, pauc non es forsenatz.
èl punh tenc Durandart; vas luy s' es abrivatz.
e lo paya lo fier cum vasal abduratz:
l' escut li a trancat, que fo ab aur obratz.
mas enans qu' el paya fos areyre viratz,
Rollan li donet tal sus son elme gematz
que l' elme ni la cofa no l' a pas ben gardat:
car el l' a tot fendut entro jos al baudratz.
Entro sus a las forcas Rollan no s' es restatz:
a 'n Guio de Bergonha sos huelhs a desbendatz,
e lo liam trenquet ab que fora pengatz.
las mas li destaquet, qu' eran fortmen nozatz.
lo caval li menet, que fo del renegat,
e cridet a 'n Guio "cozi, ara montatz."
Rollan dis a 'n Guio "prop de mi cavalgatz
tant entro que agam armas don siatz armatz."
"bel senher" dis En Gui, "si cum vos comandatz."
Sarrazi esperonan, e lo critz es levatz.
lay comensa l' estorn: ja major non veyratz:
que pes e punhs lay volan e testas per totz latz;
de sanc e de cervelas es lo camp coloratz;
manta lansa an fracha e mans escutz trancatz.
Rollan fier un paya que ac nom Falsabratz,
e donet li tal colp qu' el cap es lay sautatz,
e Rollan a cridat "cozi, ar vos armatz.
ve us aychi belas armas: tantost vos adobatz."
domentre qu' En Gui s' arma, es pels autres gardatz:
de Rollan e dels autres es totz environatz.

lo coms salh sul caval, can fo aparelhatz,
et es de plana terra sus la sela montatz.
als comtes escridet "senhors, ara lor datz:
car mostraray a Turcxs cum lor sui escapatz."
ab aquestas paraulas vec les vos revorsatz.
pres d' una balestada an payas reculatz:
trops n' i ac de batutz e mortz e de nafratz.
mas Sarrazi si arman a lotjas et a traps:
de xx melia payas es l' asaut refrescat.
Mot fo fortz la batalha, e' l chaple mal e fer.
Rollan tenc Durandart, lo noble bran d' acier.
los baros apelet, cuy dieus gar d' encombrier.
"venetz avan, senhor: no y fasatz a longuier.
vec vos de Sarrazis pus de xxx milhier.
no reculetz, senhor, mas pensem d' avansier:
car sol entro al pon nos puscam vieus alier:
pueys no los prezarem lo valen d' un denier."
"senhors" so dis En Gui, "lay non a que mangier.
si nos estam lains en cel palaytz plenier,
de fam nos covenra morir e badalhier.
per la fe que ien dey al baro san Richier,
ien am mays remaner en cest estorn plenier
que morir afamatz lasus en cel solier.
si dieus en aquest dia me vol a mort lieurier,
en bon grat la penray coma bon cavayer."
"per fe" dis Olivier, "so fay ben autreyer.
mal aga qui als traps no ls ira asagier."
adoncxs viratz Frances lor asaut refresquier.
Floripar venc als murs los comtes remirier,
e can conoc En Gui, pres s' en ad alegrier.
ab sa votz que ac clara comenset a cridier.
"amicxs Gui de Bergonha, ara us volgra baygier:
mal aja qui m partra del vostre cors plenier.
vos anatz l' almiran mon payre asautier,
e s' ien vieu, per San Peyre, ie' us volray ajudier."

"avetz auzit, senhors?" dis lo Daynes Augier.
"certas per tal donzela se deu hom avansier.
anem los envazir ins è l' estorn plenier."
adonexs s' en van li comte lor estorn renidier.
aqui pogratz vezer batalha comensier.
la paor de Rollan fay payas esmayer:
aychi les fay fugir cum alausa esparvier.
lo coms Gui de Bergonha vay brocan son destrier,
e tenc lo bran èl punh, e vay ferir Cartier:
trastot l' a perfendut entro sus al braguier.
"cozi" so dis Rollan, "vos me voletz aydier.
bona ven la donzela als murs esbaneyer:
certas be la deuretz bayzar et abrasier."
Mot fo grans la batalha, longuamens a durat:
ben feriro Frances, li comte honorat.
la filha l' almiran a en aut escridat
"baro, de la vitalha no us sia oblidat."
Olivier la enten, Rollan a apelat.
"certas esta donzela nos a mot ben parlat,
e de nostre pro fayre nos a amonestat."
"per fe" so dis Rollan, "ben o ay escoutat."
"Monjoya!" dis "ajuda." son caval a virat,
e li comte lo sieguo, de ferir entensat.
ab los brans de l' acier se son tuh escrimat,
que payas an per forsa un arpen reculat.
aychi co ls comtes van, Turc son desbaratat:
tro al trap l' almiran no y ac regna tirat.
al repayrar que feyro lor a dieus enviat
xx saumiers de vitalha, que foro tuh cargat
de pa, de vi, de carn, de civada, de blat,
que l' almiran de Cordoas tramet a l' almirat.
mas los Turcxs que ls menavan foro tost pesseyat.
volontiers los acuelho li franc comte honrat,
duc Naymes de Baviers e Teris l' onorat;
e Rollan vay detras e tot l' autre barnat.

tan van de gran rando et an tan espleytat,
qu' entro sus a la porta no s son arestancat.
lo duc Bazi trobero èl cami eversat:
entre lors bratz lo levo, lains l' an aportat.
los saumiers an dedins totz mes a salvetat;
pueys an clausa la porta e 'l pon mot gen levat.
entro pasatz dos mezes no auran paubretat.
no redran mays la tor per negun home nat:
enans o sabra Karle, lo bon rey coronat,
e lor venra secorrer ab so noble barnat.
L' almiran fo als traps, et a fort sospirat.
Sortibran apelet, Brullan de Monmirat.
"baro" dis l' almiran, "fort nos an encantat.
Francxs an la tor garnida de vitalha de blat:
e si Karles o sap, mal nos sera astrat.
cum ho poyray ieu far? mot soy en gran pesat.
et ay perdutz trops homes c' a mala fuy ac nat
que xj cavayer agan fayt aytal fah."
"senber" dis Sortibrat, "mays no n sia parlat.
ie' us diray que faretz; conselh vos er donat.
sian tub nostre home ben garnit et armat,
enviro lo castel de combatre rengat.
a l' asaut de la tor sian mil corn sonat.
e li Frances dedins seran espaventat:
els e la tor penretz per viva pozestat."
"Sortibran" dis lo rey, "ar vos vey forsenat:
car cilh que so dedins no son fol cum los faytz.
la flor lay es de Fransa e de crestiandat.
conoycbetz vos Rollan ab lo cor abdurat,
e' l comte Olivier que a tan de fertat,
qu' el fort rey Ferabras a conquist e nafrat?
cel es c' om mi menet davant ier tot liat.
e lo comte Berart, per cuy em tan greugat;
e Teri l' Ardanes, que a gran cruzeltat;
e lo Daynes Augier, e Naymes lo barbat;

Richart de Normandia qu' es mot de gran fertat,
qne caset l' almiran davant Roma èl prat,
e m nafret sus ma testa de son bran aceyrat;
e' l com Gui de Bergonha que conquis Falsabrat.
encara n' i a d' autres que ges no so nomnat.
Frances no són pas gens, ans son diable nat.
lasus non a mas xj: la un n' an mort portat.
Rollan le nebot Karle a son cor tan montat
que no dupta payas un denier moncdat,
ni no dupta colp d' armas: tant es de gran fertat.
soen ve asalir nos e nostre barnat.
vivo d' aquo del nostre e no no n sabo grat.
si els ero tals cen en cel palaytz listrat,
fugir nos covenra per forsa del regnat.
lor dieu velha per lor; be lor es destinat:
mas nostre Bafomet ar tenc per dieu malvat.
"Brullan" dis l' almirat, "ar avetz trop parlat."
un baston a sayzit, ja lh a gran colp donat.
mas lo rey Sortibran lo y a del punh ostat.
"Senher" dis Sortibran, "cambiatz vostra razon.
faytz tost sonar los grayles, e la tor asalhom."
e l' almiran respon "ieu l' autrey per Bafom."
doncxs auziratz bozinas e man corn de lato,
e vengro Sarrazi aychi per gran foyzo
qu' els pratz ne son cubertz miega legua entorn.
l' almiran fetz venir l' enginhayre Mahon:
cel a faytz tals engienhs, anc milhors non vic hom.
perdesotz la tor fetz de cledas un gran pon.
doncxs auziratz gran bruda entorn et enviro.
Sarrazi asautero la tor a gran rando:
tot an conquist lo barri tro a l' ausor dromo.
e li Franc si defendo a guiza de leo:
lansan peyras e fustz sus la gen de Maho.
las donzelas no fino de lansar li cayro,
e no y a Sarrazi de tan fera fayso

que si l' una donzela l' acossiec de rando,
que no l trabuque mort pus vil d' un galhino.
Floripar la corteza a cridat a 'n Guion.
"amicxs, ara m baysatz, enans que nos murom."
"volontiers" dis lo comte, "dona, pus vos sap bo."
totz armatz la bayset, vezen totz li baro:
mot en mena gran joya Rollan lo neps Karlo.
Mot fo sobriers l' asaut, que be n pot hom parlar.
l' enginhayre a fayt l' engienh aparelhar:
adoncxs viratz l' estorn del tot renovelar.
"almiran" dis Mahon, "faytz l' asaut restancar,
qu' ieu vos rendray la tor ans dema al vesprar.
e xx melia payas mi faytz aparelhar,
e sian ben armatz e leus per batalhar."
e l' almiran respon "fasam los doncx triar."
e n aychi co fon dit, o pesseron de far.
Sortibran de Coimbres los vay denant guizar.
l' enginhayre los guida (dieus le vuelha desfar),
et a fayt a cascu un pic d' acier portar.
pueys a fayt l' enginhayre foc Grazesc aportar:
los murs n' a faytz cumpenre enviro e cremar,
si que de l' ausor tor flamegan li pilar.
can Frances o an vist, mot lor poc enugar;
et an dit l' us a l' autre "sains fa mal estar.
rendre nos covenra; ja no poyrem durar."
"senhors" dis Floripar, "no us cal espaventar:
car ieu faray ades tot lo foc amortar."
del lag de la camela si fay tantost portar:
ab sal et ab vinagre o a fayt destemprar,
e lansa o sul foc si que l fan amortar:
de mantenent fo mortz, que no poc pus mal far.
"senher" dis Sortibran, "almiran, riche bar,
ayso fay vostra filha Floripar ses duptar."
"vers dizetz, Sortibran; be m vol deseretar:
mas encars la faray trastota desmembrar."

"senher" dis Sortibran, "fasam los corns sonar,
e comandat l' asaut del tot renovelar:
car ieu say qu' els Frances non o poyran durar."
l' almiran li respon "aco volrem nos far."
doncxs auziratz bozinas e corns d' argen sonar
e Turcx e Sarrazis e glatir et hutar.
e Frances los an vistz, be lor pot enugar:
e dis la us a l' autre "ja no y poyrem durar:
tost veyretz cesta tor del tot escrebantar."
"baro" dis Floripar, "no us cal espaventar;
que la tor es be fortz, e no us en cal duptar.
sains a fayt mon payre son trezaur ajustar.
entro a xv dias pot be l' asaut durar:
no faliran las platas del fin aur per lansar."
cascus ne met è fauda [aytan] can ne pot aportar;
aychi coma de peyras las prendo a lansar.
"dona" so dis Rollan, "mot fazetz ad amar."
lo coms Guis de Bergonha la correc abrasar.
e can viro payas lo gran trezaur versar,
entr' els viratz tal guerra bastir e comensar!
tal recuelh lo marc d' aur que no l' en pot portar.
can o vic l' almiran, en aut pres a cridar
"baro franc cavayer, laychatz l' asaut estar.
ieu perdi mon trezaur que tant ay fayt gardar.
mal o fay Bafomet, car le m laycha gastar."
l' almiran s' en repayra, corrosos per son aur.
l' asaut a fayt romandre, et anet al sopar.
L' almiran Balaan s' en anet al sopar,
e Frances son lasus èl palaytz ses duptar.
de beure e de mangar si saben ajudar,
et an belas donzelas ab que podon jogar.
Rollan le nebot Karle s' es anatz aprosmar
sus aut a la fenestra per son cors auregar,
e conoc dels payas que penso de sopar.
los comtes apelet, que dieus capdel e gar.

"senhors" so dis Rollan, "mot nos deu enugar
que l' almiran Balan si meta al sopar.
so sera gran barnatge qui lo lh fara laychar."
"doncxs" so dizo li comte, "pensem tost de l' armar."
ab tan prendo lors armas li baro que dieus gar;
èls cavals so montatz ses pus de demorar,
belamen s' en anero ses brayre, ses cridar.
"Espulart de Nubia," dis l' almiran lo bar,
"Frances cre que faran nostre sopar torbar.
vegayre m' es que vengan. corretz vos tost armar."
"senher" dis Espulart, "be fay ad autreyar."
sos homes apelet iij melia ses duptar.
Espulart tenc un dart don seb aydar.
Rollan lo nep de Karle vay premier encontrar.
tal colp li vay donar (ja no us o quier celar)
que l' escut li tranquet e l' auberc vay falsar.
pero dieus lo gardet, qu' en carn no l poc tocar.
e can Rollan o vic, el cuydet desenar,
e feric lo paya, no l volc estalbiar.
amont per mieg son elme li vay tal colp donar
qu' el caval de desotz li fetz aginolhar
si qu' a terra l' abat e l pensa de levar.
mas lo paya fon pros, e vay en pes sautar,
et a trayta s' espaza: Rollan cuyda matar.
mas Rollan lo vay penre denant per lo golar.
los autres cavayers li vengro ajudar:
denan sus en l' arso lo van sus relevar.
areyre s' en retornan, no y volo pus estar.
can o vic l' almiran, el cuyda forsenar.
"punhetz avant, baro; no ls ne laychem anar:
car si n menan mo nep, may no poyray durar."
adoncxs viratz payas apres Frances anar.
mas li baro de Fransa lor son a l' encontrar:
pus de ccc n' an mortz, cuy que deya pezar.
saviamens cavalgan, prendo s' en ad anar:

entro sus a la porta no finan de brocar.
Floripar la corteza lor va' l pont avalar.
Rollan lo nep de Karle s' en vay premier intrar,
e tenc fort lo paya que sol no s pot crollar.
tuh montan en la sala ses pus de demorar.
e las donas tanquero, e van le pont levar.
Ar son nostre baro sus èl palays montat.
Espulart de Nubia en an ab lor menat.
Rollan a Floripar a tantost demandat.
"dona, don es aquest, ni de cal parentat?"
"senher" dis Floripar, "vos n' auziretz vertat.
el es alhs de ma tia e neps de l' almirat,
et es mot gran ricxs hom, d' aver a gran plantat.
si voletz a mon payre fayre lo cor irat,
sian a cest paya tuh li membre trencat."
"per mon cap" so dis Naymes, "ja no sera pensat.
enans lo gardarem vieu e sa per mon grat:
car si negus dels nostres avia l' almirat,
per aquest lo redria lige et aquitat."
et Olivier respon "vos dizetz veritat."
can venc apres mangar et agron gen sopar,
la us parlet de sen e l' autre de foldat.
"senhors" so dis Teri, "mot ay lo cor irat,
can nos en esta tor em aychi asetgat,
car no mandam a Karle, lo bon rey coronat,
que nos vengua secorrer ab son riche barnat."
dis lo Daynes Augier "mot avetz ben parlat.
mas qui volra anar a Karle lo lauzat?"
"ieu iray" dis Rollan: "car vengut m' es en grat.
lo mati anaray, can sera esclayrat."
"senher" so dis duc Nayme, "ja no us er autreyat.
si payas o sabian ni Balan l' almirat,
ja pueys no seriam temut ni reduptat.
tan can vos etz ab nos, em tuh assegurat."
so dis Guiot l' Escot "ieu lay iray de grat."

"mas ieu" so dis Berart, "la' naray de bon grat."
dis En Gui de Bergonha "donatz m' en comiat."
"certas" dis Floripar, "ja no sera pensat;
ans romandretz ab mi en esta fermetat."
dis Ricart le Norman "tot o ay escotat.
vos sabetz ben, senhor, qu' ieu ay trop jorn passat.
un filh ay de ma femna, savi, de gran bontat:
e s' ieu fau lo mesatge et ay lo cap talhat,
el poyra governar apres me l' eretat."
e Naymes respondet "lo lh sia autreyat."
e Richar li n sopleya, que fort li ve de grat.
"senher" so dis Rollan, "pus vos es autreyat,
ieu vuelh que per vos sia e pleuit e jurat
que vos no us tarzaretz per neu ni per aurat;
ni lunha nueyt que venga no us trobe despulhat,
si vostre cors non era malautes o nafrat,
o si non iratz pres." "aychi o vay jurar.
senhors" so dis Richart, "ie' us o promet de grat."
can ayso ac pleuit, asatz lay ac plurat.
"senhors" so dis duc Naymes, "entre vos esgarat
cum passara Richart mielhs per l' ost a celat,
que per payas no sia ni vist ni azesmat."
"per fe" so dis Richart, "ie' us diray mon pensat.
lo matinet sus l' alba, can sera adiat,
nos salirem defors suls destriers sojornatz,
e vos autres trastuh venretz feren armatz.
can entendran a yos tuh li desbateyat,
ieu iray d' autra part; que be say lo regnat.
si dieus mi vol conduyre, lo rey de majestat,
ieu anaray a Karle, l' emperador prezat,
et a tot son barnatge per dire mon pensat."
can Frances l' entendero, ploran de pietat.
Lo mati sus en l' alba, can parec la crartatz,
van ferir nostre comte sus Sarrazis armatz.
mas l' almira si fo en ribieyra anatz,

e menet Sortibran e d' autres sos privatz.
e mentre a la cassa ero afazendatz,
e li comte desrenguo aval per mieg los pratz.
a las albergas corro: ve us payas escridatz.
è mot petita dora lor n' an ccc tuatz.
e can Richart los vic ab los payas mesclatz,
part si de lor pluran et es encaminatz.
per mieg los traps de l' ost s'en es mot tost passatz.
ar lo condua dieus, qu' es vera trinitatz.
e Frances s' en repayro entro sus als valatz;
per fors' an Sarrazis areyre reculatz.
intran s' en en la tor, e le pont es levatz.
pueys van a las fenestras dels palaytz dentelhatz;
viro le duc Richart c' a totz los Turcxs pasatz.
Ara s' en vay le duc, a dieu s' es comandatz.
"glorios senhe payre, que de vergis fu natz,
guerentetz huey mon cors, que no sia 'ncombratz,
si qu' el secors amene als pros comtes membratz."
doucxs a senhat son cap, a terra s' es clinatz.
le jorn es esclarzitz, el solelh es levatz:
be l' en podo vezer anar li no fezatz.
premiers l' a perceubut Brullan de Monmiratz.
a Clarion lo rey s' en es ades anatz,
qu' es neps de l' almiran e de sa seror natz.
"per Bafomet, bel senher," dis Brullan lo senatz,
"ieu veh un mesatgier que s' es de l' ost emblatz.
ad estros s' en ira, si non es arestatz;
e si pot, er a Karle sos mesatges cumtatz."
can lo rey l' entendet, d' ira es alumnatz.
en auta votz escrida "mas armas mi portatz."
en apres las li portan, et es si tost armatz.
son caval lh amenero, et el es sus montatz.
mot fo bels le caval, e non fo milhors natz:
ben corrira xx leguas enans que sia lasatz.
lo paya a sayzit l' escut que fo dauratz,

pueys a preza s' espaza; ab tan s' en es anatz.
en apres lo seguiro payas per mieg los pratz:
apres lo due Richart vee los vos arotatz.
dieus ajut a Richart per las suas bontatz:
car mot er pres de mort aus sol sia eoleatz.
Ara s' en vay Riehart, lo francs eoms, totz iratz.
ad un tertre montan li vene mot gran mescaps:
son bon eaval li es desotz si enclinatz.
can le due o a vist, mot en fo eorrossatz.
"dieus santa trinitatz," dis le duc, "ar ni' aydatz,
que ieu ane a Karle, a cuy son eviatz,
si que eels de la tor en sian deslieuratz."
ab tan si regiret, vic payas desrengatz,
pus de xiiij melia, lors gonfaynos levatz.
lo neps de l' almiran s' en es aprimayratz
sus son destrier d' Arabia, que ane no fo lasatz.
dieus ajut a Richart per las suas bontatz:
car mot er durament per payas guerreyatz.
Richart de Normandia es èl tertre montatz.
Clarion l' encauset, mot ricament armatz:
eausas portet de ferre et esperos dauratz,
et de tot l' autr' arnes no li falie un datz.
et see sus son caval, no fo sos pars trobatz.
lo caval esperona per abdos les eostatz:
el caval saut avant xxx pes mezuratz.
can fo pres de Richart, si s' es n aut escridatz.
"per Bafom, mesatgier, a mort seretz lieuratz.
anatz vos seeors querre? per fe no y anaratz."
can Richart l' entendet, tot le sanc li 's mudatz,
e dis al Sarrazi "vasal, que m demandatz?
ieu no t' ay negun tort ni tos deniers panatz.
ieu ti prce per amor, no sia destrigatz:
car s' ieu retorn ab Karle, bon gazardo n' auratz."
lo paya respondet "de folia parlatz:
no t' en laychari' anar per l' aur de x cieutatz."

can Richart l' entendet, envas luy s' es viratz,
et Clarion si venc, totz d' ira alumnatz.
fier Richart sus l' escut, qu' es totz d' aur pinturatz,
que tot lo lh' a fendut, e l' auberc n' es falsatz.
sa lansa li conduy entro sus als costatz.
mas dieus lo guarentic que anc no fo nafratz.
si qu' el duc es un pauc en carn entamenatz.
mot si tenc be Richart, que sol no s' es crollatz.
ab tan el mes sa ma al bran que fo letratz,
e feric lo paya sus en l' elme gematz.
mas no l' entamenet: de guiza fo tempratz.
e can Richart o vic, pauc no n' es forsenatz.
autre cop li donet, totz d' ira alumnatz.
en travers le feric al col dejos lo cap,
que pus de miega cana en es lo cap volatz.
Richart enpeys le cors, a terra 's trabucatz.
pueys sayzic son caval, et es desus montatz:
ja per xx leguas correr no seria lasatz.
lo sieu caval alargua, dona li comiatz.
"bausa," so dis Richart, "mot soy per vos iratz.
dieus t' amen en tal loc, que fo de vergis natz,
qu' encaras t' aretenho nostres comtes honratz."
ab tan s' en vay le ducx, no s' es pus estancatz.
e Sarrazi l' encausan corren totz abrivatz,
e troban Clarion qu' es mortz et escapsatz.
no y ac Turc ni paya, no n fos espaventatz.
aqui fo Clarion pels sieus planhs e pluratz.
e lo caval Richart es areyre tornatz:
mas per hom no poc eser ni pres ni arestatz,
ans regeta dels pes enviro per totz latz.
v cavals lor a mortz e xiiij nafratz.
vas la tor d' Agremonia s' en va totz abrivatz.
Ar cavalgua Richart coma hon cavayer;
lo bran tenc al punh destre, e ponh son bon destrier.
e Sarrazi l' encausan, li culvert lauzengier:

anc entre totz cans ero no y pogron apezer.
areyre s' en retorno contr' aval lo gravier.
lo caval de Richart s' en va ses demorier.
mas l' almiran Balan le cauzic tot premier.
Sortibran apelet, so major conselhier.
"per mon dieu Baratro, mot ay Clarion chier.
el a mort lo mesatge: ve us aqui son destrier.
anatz, si lo prendetz ses pus de demorier."
can Sarrazis l' entendo, si s' en van ajustier,
e volo lo caval penre et arestier.
lo caval leva ls pes, e fug per lo gravier:
d' aqui entro al pont no fina de l' alier.
e can fo a la porta, si s pren ad evelhier.
Frances foro lasus sus èl palays plenier,
e viro lo caval de Richart mesatgier,
que Sarrazi encauso, li culvert aversier.
e dichendero bas contr' aval l' escalier.
ab cadenas de fer van lo pont avalier,
e lo caval intret, anc no s' en fetz preyer.
ab tan van li baro sus le pont relevier.
enviro lo caval s' anero ajustier.
mot ne meno gran dol de Richart mesatgier.
"Richart de Normandia" dis Naymes de Bavier,
"jamays per vos secors no nos cal esperier.
senher, a la vostr' arma vuelha dieus perdonier."
adoncxs viratz plurar Rollan et Olivier
e los autres baros per lo gran destorbier.
Floripar la corteza los pres a conortier.
"senhors, laychatz le dol" dis Floripar "estier:
que no sabetz del duc ni mal ni be comtier."
e domentre que meno lor dol pel mesatgier,
els an vists Sarrazis venir e repayrier.
Clarion aportero sus un escut d' ormier.
can l' almiran o vic, gran dol pres a menier,
et es vengutz avan: si lor vay demandier.

"baros, a Clarion aucit lo mesatgier?"
respondo Sarrazi "pus avem d' encombrier.
vostre neps es tuatz, Clarion le leugier."
can o au l' almiran, cuyda enrabier.
iiij vetz s' esplasmet desotz un olivier.
mot aut s' es escridatz, can venc al redresier.
"ay bels neps Clarion, pros e bon cavayer,
Bafomet et Apoli, que ns a totz a jutgier,
aia merce de vos: car be us fara mestier."
Sarrazi e paya demeno gran dolor;
per la mort Clarion se pluro li pluzor.
lo dol an entendut li baro de la tor.
Floripar apelet Rollans le ponhedor.
"dona" so dis le duc, "auzetz quinha dolor
menan d' aquest paya c' an perdut entre lor.
sabetz vos cals hom era ni de quinh parentor?"
"senher" dis Floripar, "mot nos creys gran honor.
so era Clarion rey d' Espanha la flor,
que le duc a tuat ab son bran de color,
emenan son caval qu' es del mon lo milhor."
Richart s' en va totz sas, le noble e lo bar,
emenan lo caval qu' el mon non a son par.
l' almiran fo als traps corrosos de plurar.
son drogamon apela, que sol sos breus portar.
"monta sul dromodari, e pensa de l' anar.
diguas mi a Guolafre, no lh' o vuelhas celar,
per que laychet say d' outra los mesatgiers pasar,
que ma tor m' an sayzida et touta Floripar.
per Bafomet mon dieu, mala auzet pensar,
qu' ieu li faray sos huelhs de la testa volar."
"senher" so dis Orages, "be lh' o sabray cumtar.
may no vuelh dromadari menar ni cavalgar,
qu' ieu un jorn ne volria xiiij trespassar."
"vay doncxs" dis l' almiran: "Bafom ti puesc' aydar."
Ara s' en vay Orages ses pus de demorar.

pro n' agra fayt ayzel: si s' en pres ad anar.
Richart acosseguet a la roqua Golmar,
et escridet Richart "no us ne podetz anar."
al port s' en passa d' outra, no y auza pus parlar.
entro sus a Martiple no y s volc aremenar.
tant a cercat Golafre entro l' a atrobat.
Orages fo a Martiple, venc al major dromo.
aqui trobet Golafre, e dis li sa razo.
"l' almiran ti comanda ab lo florit grinho,
per que laychiest pasar mesatgiers de Karlo,
que sa tor an sayzida e son trezaur ambo,
e Floripar sa filha ab la genta fayso.
e ve un mesatgier a coyta d' espero.
partitz s' es de la tor belament a layro.
Clarion a tuat, lo noble e lo bo,
emenan son caval: el mon non a tan bo.
dolens n' es l' almiran, e n' a son cor felo,
e manda ti per mi e jura Baratro:
si lo n laychas pasar ni anar a Karlo,
tu non auras de mort neguna guerizo."
can Golafre l' enten, si sayzic un basto:
pauc no feric Orage per mieg de son grinho.
et en apres cornet un gran corn de lato.
paya corro ad armas, cascus per contenso.
Per totas las carrieyras son li simbol sonat.
irnelamen e tost son paya adobat,
e foro xv melia que salho de cieutat.
can els foro garnih, al pont s' en son anat.
ab tan vec vos punhen Richart tot abrivat,
et a vistz Sarrazis, don son cuberh li prat.
duramens s' esmayet, et a dieu reclamat.
"glorios senher payre e rey de majestat,
si m met entre payas, auray lo cap talhat:
e si per l' aygua passi, be say de veritat
qu' anegar m' avenra, e sera gran foldat:

e si de say romane, ad anta m' er tornat.
pero totas vetz dey gardar ma liautat
vas lo comte Rollan, si cum lh' ay afizat.
senher payre de gloria, per ta gran poestat
en tas mas mi comandi; aias ne pietat:
qu' en l' aygua intraray, si dieus m' o a astrat."
Donc cavalguet Richart, lo fre abandonat,
e portet en sa ma un fort espieut cayrat.
e Sarrazi l' encauso, li culvert desfezat,
al premier cap denant un neps de l' almirat:
e fo mot ben armatz sus un negr' estelat.
ab sa votz que ac clara a Richart escridat.
"per Bafom, mesatgier, vos avetz trop anat:
la mort de Clarion vos er gazardonat."
can Richart l' entendet, no li venc pas en grat.
vay ferir lo paya, e a l ben avizat.
de son espieut trencan si li a tal donat,
l' escut li passet d' outra e l' auberc lh' a falsat.
per mieg lo gros del cor li mes l' espieut cayrat.
el l' espenh per vertut, et a l mort trabucat.
e sayzic lo destrier per lo fre qu' es daurat.
e payas esperonan, et an lo crit levat.
e Richart esperona, que a mot ben justat,
vas l' aygua de Flagot, son fre abandonat.
e vic l' aygua preonda, et a dieu reclamat.
"senher payre de gloria, aiatz mi pietat,
e siatz en ajuda ad est desconselhat."
Richart regarda l' aygua, que fe mot a duptar,
e fo grans e preonda, que no y auza intrar;
e la riba fon auta be c pes scs gabar.
Richart de Normandia si pres a gaymentar.
estreytament de cor va Jesus reclamar.
"glorios senher payre, qu' en crotz ti fist levar,
guarentetz huey mon cors d' aunir e d' afolar,
si qu' ieu puesca a Karle mo mesatge cumtar."

Ara podetz auzir, si m voletz escoutar:
tan bela meravilha li volc dieus demostrar
per lo bon rey de Fransa que el volc tant amar.
ans un trag de balesta pogues lunhs bom anar,
pogratz vezer Flagot sus la riba montar.
ab tan ve us un cer blanc que dieus lay fetz anar,
e fo blanc coma neu e bels per esgardar.
denant le duc Richart va en l' aygua intrar.
le duc vic los payas apres el desrengar:
si ac paor de mort, no us o cal demandar.
apres la blanca bestia laycha 'l destrier anar.
e lo cer vay denan, que l saup mot ben guizar:
de l' autra part de l' aygua l' a fayt ben aribar,
e dieus a fayt Flagot en son estat tornar.
ab tan vec vos payas, et an lo n vist anar.
tan duptero tuh l' aygua que no y auzo intrar.
areyre s' en repayro; si n van lo rey portar.
be viratz a payas gran dolor demenar.
a Golafre portier o an anat comtar.
irnelamen e tost van le pont avalar.
"baro" so dis Golafre, "pensatz d' esperonar;
guardatz be qu' el mesatge no us puesca escapar."
adoncx viratz payas e venir et anar.
Richart fo dicbendutz per son caval cinglar.
irnelament remonta, no ls volc pas esperar.
e payas l' encausero ses pus de demorar.
per aychi gran vertut la terra fan tremblar,
si que des fers dels pes fan lo foc sus volar.
mas can vezo paya no y podo apezar,
a Martiple s' en torno e van si dezarmar.
Ar cavalgua Richartz bautz et aseguratz;
de vezer l' ost de Karle es mot atalantatz.
mas enans qn' el lay sia, er Karles mot iratz:
mas ges el non o fora, si saubes las vertatz.
l' emperayre demanda Aloris et Aldratz,

Gaynelo e Macari ab los grinhos barbatz,
e Jaufre d' Autafuelha e d' autres sos privatz.
"baro" dis l' emperayre, "quinh conselh mi donatz?
perdutz ay mos baros, per cuy soy mot iratz,
e n soy envelhezitz e mos pretz abaychatz.
ieu vos ren la corona de que soy coronatz;
jamay jorn de ma vida no tenrey heretatz."
can Frances l' entendero, mot so espaventatz.
mas Gaynes n' ac gran joya, qui qu' en sia iratz.
e vay apelar Karle, le n fo enrazonatz.
"senher rey emperayre, entendetz mi, si eus platz.
faytz culhir vostras tendas e las lotgas e ls traps.
als muls et als saumiers sia l' arnes trosatz.
al matinet sus l' alba al retorn vos metatz:
car mot es vos barnatge trebalbatz e casatz.
trop es fort Agremonia: ja no la conqueratz.
e l' almiran Balan es mot de grans fertatz.
per tota l' encontrada a sos baros mandatz.
mot es per Feracras dolens e corrosatz,
car a laychat Bafom, ni car s' es bateyatz.
tuh son mortz li baro que vos lor enviatz.
tornem nos en è Fransa, si mon conselh justatz.
los efans que lay so joves de pauc etatz,
seran encaras grans ans de xx ans pasatz:
e pueychas vas Espanha al retorn vos metatz,
e conquerrem las terras per vivas potestatz."
can Karles l' entendet, a terra s' es clinatz.
no pogra sonar mot qui lh des xv regnatz:
tant era l' emperayre corrosos et iratz.
l' aygua li chay dels huels fil e fil per lo natz.
e dis ab si mezeys "caytieu malahuratz,
s' ieu retorn è ma terra, be faray grans viltatz,
e dira tot le mon Karles es arossatz.
enquers am mays morir que vieure adontatz."
L' emperayre de Fransa a cridat autamen.

"baro, avetz auzit lo bon conselhamen
que Gaynes m' a donat (et ieu no say comen),
que ieu u' en torn areyre ses penre venjamen
de mos gentils baros, on ma corona pen."
Macharis si levet, cuy dieus do marrimen,
et Andrieus et Aloris e dels autres be cen.
trastuh dizon a Karle "senher, tornem nos en.
Gaynes a mot ben dih e parlat saviamen.
del retornar areyre pensem ardidamen.
dels milhors de ta cort o an jurat be cen,
que no iran avan per lunh home viven.
pus que Rollans es mortz, els no n' an pus gueren."
"ay senher dieus" dis Karles, "payre omnipoten,
qui m don aytal conselh, el no m' ama nien."
so dis Raynier de Gennes "emperayre valen,
si tu crezes Aloris ni son conselhamen,
enquers ira per lor Fransa tot' a nien."
Aloris pass' avan, can la paraula enten.
"per dieu" dis el, "Raynier, mot parlatz folamen,
e d' ayso que dizetz cum brico vos desmen.
e si no fos pel rey, car aychi es prezen,
vos foratz ben batutz per lo cors San Visen.
be sabem que vos etz fort vengutz de nien.
anc Gari vostre payre no tenc terra d' arpen:
tostemps fo raubadors, e visquet avolmen."
can Raynier l' entendet, ples fo de mal talen,
et es sautatz avan; per los cabels lo pren,
e feric lo del punh tal qu' en terra l' esten.
"vay, glot" so dis Raynier: "dieu ti do marrimen;
que Guaris fo pros hom e valc de tos pars cen."
can Andrieus aquo vic, a pauc d' ira no fen.
Autafuelha escrida, e vengro siey paren.
si dami-dieu no n pensa, tot ira malamen.
Mot foro grans las prieychas d' ambas las parentatz.
li paren Gaynelo so de mot gran fertat:

car li pus dels Francos son devas lor tornat.
ja foran a l' estorn abduy li parentat,
si no fos l' emperayre que a son cap jurat
que "no n' i a negun de tan gra pozestat
que fasa aqui bregua, de tot aquest barnat,
qu' ieu no ls fasa tost pendre coma layro provat."
per lo sagrament Karle son tuh espaventat:
pueys no y ac caval trayt ni garniment tirat.
dedins son trap de pali s' en es Karles intrat.
li paren Gaynelo son denant luy mandat.
Raynier devian tuar, can fora avesprat.
Karles levet en pes, a Frances a sonat,
el duc Raynier de Gennes, Aloris et Aldrat,
e totz los cavayers de tot lor parentat.
"senhors" dis l' emperayre, "trop m' avetz vergonhat,
que denan mi vos etz combatuh e mesclat.
mas per l' arma mon payre, si non es emendat,
ieu faray tal justezia cum sera devizat.
Alori" dis lo rey, "ieu vuelh que m' entendatz.
desfibla us vos mantel, e no sia pasat,
e faytz dreyt a Raynier tot a sa volontat."
"senher" so dis En Gaynes, "pus a vos ve de grat,
vostre comandamen no n' er pas trastornat."
Aloris s' aginolha, son cap a enclinat;
al duc Raynier de Gennes a son gatge tornat.
si no fos per lo rey, Raynier no vengr' en grat:
mas per temor de Karle fe semblan d' amistat.
en apres l' emperayre a conselh demandat.
"baro, s' ieu torn areyre, so sera gran viltat."
dis Jaufre d' Autafuelha "emperayre onrat,
ieu e Gaynes mo filh vos avem mot amat.
tuh anem en conselh, e nos em acordat
c' ades nos en tornem, si a vo ve a grat:
car mot em duramens trebalhatz e penat."
can Karles l' entendet, plura de pietat.

tant an li traydor lo bon rey encantat,
que del tornar areyre se son tuh acordat.
per totas las alberguas son li grayle sonat.
doncx culiron los traps e an l' arnes trossat:
li un n' agron gran joya, e l' autre son irat.
Per lo conselhamen Gaynes lo lauzengier
a faytz Karles sos traps e son arnes carguier.
adoncx viratz menar gran dol al duc Raynier.
soven a remembrat Rollan et Olivier.
"certas" dis l' emperayre, "ar volgra 'nrabier.
ar m' en retorn areyre: may no ls poyray vengier.
hueymays poyra hom dire recrezut pautonier.
ay senher neps Rollan, e can gran encombrier
aura tostemps vostr' oncle, que tan vos tenia chier.
ja dami-dieu non plassa, qu' el mon a a jutgar,
qu' ieu porte may corona ni viva mes entier."
doncx s' espalma lo rey sus lo col del destrier.
ja fora el cazutz, si no fos duc Raynier.
Els vals sotz Morimonda fo mot grans la dolor.
lay pluran per Rollan li princip e lh comtor.
mas sobre totz los autres fay Karles dol e plor.
"aylas" dis el, "cal perda ay fait per ma folor.
bel neps, ieu vos ay mor per malvaza error."
adoncx viratz plurar man gentil ponhedor.
mas Gaynes et Aloris e lor parenh traytor
sonan corns e bozinas, e so s mes al retor.
Karles se regiret devas lo pueg ausor,
e vic venir Richart lo noble ponhedor.
e tenia tot nut lo sieu bran de color.
ja dira tals novelas don riran li pluzor,
mas irah ne seran li culvert trahidor.
Ara s' en vay la ost per un gran deruben,
e Karles regardet èdevas Orien.
Richart de Normandia vic venir fort punhen.
fetz restancar la ost, que non ane avan.

"lay vey un cavayer que ve esperonau.
ay dieus, e cum cavalgua son bon caval corran!
un ue meua en destre per lo mieu esian.
al cavalgar mi sembla don Richart le Norman.
dieus m' envie noelas de mo nebot Rollan
e dels autres baros, qu' enqueras sian vivan."
per l' ost son estancat, can auzo l' auriflan.
ab tan vec vos Richart que ac lo cor valhan.
denant l' emperador dichen de l' alferan.
lo rey lo saludet, e vay li demandan.
"digatz per amor dieu, c' avetz fayt de Rollan
ni dels autres baros? ni on son remanan?
si els son enquers sa, deslieure, ni valhan."
"senher, oc" dis Richart; "ja no y anetz duptan.
en Agremonia so en una tor mot gran,
e teno ls asetgat ccc melia payan.
lo payre Ferabras, c' om apela Balan,
a jurat Bafomet e son dieu Tervagan,
ques el non partira a trastot so vivan.
per mi vos mandan tut, lor siatz secorran.
et els que an ab lor la filha l' almiran,
una gentil donzela ab le cor ben estan.
cela a la relequias don vos etz penatz tan:
be las podetz aver, si vos ne atalan."
can Karles l' entendet, si n meua joya gran:
no fora pus jauzens per tot l' aur d' Orian.
Can Karles entendet Richart de Normandia,
no fora pus jauzens per tot l' aur de Syria.
e jura San Denis, cuy adora e pria,
que Gaynes e l sieu son ple de gran bauzia.
"si mos uebotz fos mortz, en els no romania.
mays non er è ma cort lor paraula auzia.
Richart" so dis le rey, "es la tor ben garnia?
car si s podon tenir d' aysi a xv dias,
pres sera l' almiran e la tor descofia."

"senher" so dis Richart, "no us o celaray mia.
l' almiran es mot fers e ples de felonia.
un pasatge lay a per mot gran maestria,
Martiple la cieutat qu' es fort e ben ayzia,
et a hi un gran pon et una tor garnia,
e perdenant la tor nna porta garnia.
de ij parelhs de barras la porta es establia,
e cadenas de fer faytas ab maestria.
us pautonier la garda de mot gran felonia;
Golafre es nomnatz: dami-dieu le maldia.
x melia Sarrazis a 'l paya en baylia.
ieu say be que per forsa no lay intraratz mia:
car no y valria forsa una poma poyria.
a pasar nos cove per autra maestria,
a for de mercadiers ab petit demaynia.
cascus port son auberc e la testa garnia,
el bran dejos la capa per mot gran maestria.
e vos venretz detras ab vostra baroniá.
e can aurem la porta de lo gran pon sayzia,
ieu cornaray un grayle c' auziretz ses fadia,
e venretz mi secorrer ab la cavalayria.
aychi er, si dieu play, lo filh Santa Maria."
"ay dieus" so dis lo rey, "que fezit nueyt e dia,
com a parlat Richart! Jesus le benezia."
doncxs sonet l' auriflan, e l' ost fo somonia.
Als vals sotz Marimonda es la ost arestada.
l' endema gran mati, can l' alba fo crebada,
comandet le rey Karles sa gen que fos armada.
doncxs s' armero Frances ses lunha demorada.
Karles fon leu garnitz; l' auriflan es levada.
Richart de Normandia ab la cara membrada
donet lo caval negre ab la sela daurada
al duc Raynier de Gennes ses lunha recobrada,
e pueys a belamen sa gent adordenada.
a for de mercadiers l' a mot ben arrezada.

cascus portet son bran sotz sa capa fiblada.
v cen cavayers foro de bona gent armada.
lors saumiers aculhiro, van s' en per mieg la prada.
Richart anet premiers: car be sap l' encontrada.
anc entro a Martiple no y ac regna tirada.
Karle si enbosquet pres d' una balestada
ab sa rica companha, que menet ben armada.
Karle fon dins le bosc ab c milier armatz,
e Richart s' en anet ab sos baros armatz.
menero lors saumiers, e so s' encaminatz.
entro 'l pon de Martiple no y son aremenatz.
el portal de la tor fon claus e be fermatz.
Flagot correc dejos cum cayrel enpenatz.
desus fo la cumporta de grans cayros talhatz,
et ab ferrolhs de fer le portal fo fermatz,
e d' una gran cadena environ per totz latz.
dedins no duptan home qne sia de mayre natz.
so dis Hugos de Nantes, "tuh em a mort lieuratz:
car ieu vey de payas pus de mil totz armatz.
dami-dieu nos men outra per las suas bontatz."
"senhors" so dis Richart, "prec vos que m' entendatz.
ien parlaray premiers, e vos tuh m' escoutatz.
tan lor diray mesongas, si vos estatz en patz,
entro delay le pon nos siam tuh pasatz."
so dis Razols de Mons "si cum vos comandatz."
ab aquestas paraulas an lors saumiers tocatz,
per le pont de Martiple los menan totz serratz.
can Golafre los vic venir totz ordenatz,
per denant la portela es lo glotz arestat.
nn' ahcha tenc èl punh, don lo fer fon tempratz.
ab namelas d' acier ac dos pes mezuratz:
pns talha que razors, can es ben afilatz.
lo paya fo mot negres e laiamen formatz,
et avia sos huelhs negres envirinatz,
e las aurelhas grans un gran demieg palmatz.

ara gar dieus Frances, lo rey de majestatz:
car si negus pot eser conogutz, be sapiatz,
cascus aura la testa e los membres talhatz.
Frances pasan pel pon de Martiple a bando;
Richart anet premiers, vestit son capayro.
entro sus a la porta no fan arestazo.
aqui troban Golafre, et anc tal Turc no fo.
demandet a Richart "e don yest tu, garso?
ni de cal encontrada veno aquih baro?"
Richart tornet sa lengua, e parlet Arago.
"senher, nos em merchans; venem d' Auscario,
e menam draparia, qu' en fassam nostre pro.
a l' almiran Balan anam de gran rando,
de nostres riches draps li darem gran foyzo.
cestz autres companhos sos trastuh esclavo.
e mostratz nos, bel senher, on nos aquitarom."
adoncx respon Golafre "ieu soy garda del pon.
mas per aychi passero l' autre jorn vij gloto.
mon trahut degr' aver a la repayrazon:
mas l' almiran Balan los a en sa preyzo
en la tor d' Agremonia coma malvatz glotos,
e los te assetgatz entorn costa la tor.
us mesatger s' en vay cuendamens a layro.
per aquesta gran aygua passet ad espero;
mon cozi batet mort, don ay le cor felo.
plagues a Bafomet que l tengues en preyzo:
car certas ieu l fendera del cap tro al talo.
e l' almiran mo senher, que s te a trassio
de so filh Ferabras, car a gurpit Bafo,
mandat m' a, iij jors a, e fayt defensio
que non lays pasar home de lunha regio,
que no vega qui es ni de quinha fayso.
ar mi mostratz la vostra ses tota contenso."
can Richart l' entendet, si baycha so mento.
vec vos Razols de Mons que ac cor de leo,

el pros Hugues de Nantes, En Raynier le baro.
can Golafre los vic, semblan fetz, no lh saup bo.
pueys los a escridatz "atras, atras, baro:
car no vuelh que pasetz, per mon dieu Baratro."
donc sayzic la cadena, lo pon lev' a bando.
no n' a pasatz mas iiij: aquels so en prezo.
Golafres a lo pont de Martiple levat:
un' apcha tenc èl punh, mot fo de gran fertat.
et a dih a Razols "mot fezetz gran foldat,
car outra 'l mieu coman vos etz sains intrat.
ar seretz mantenen tuh iiij escapsat,
o us trametray dema mo senhor l' almirat.
desfiblatz vos las capas, e veyrem que portatz.
mot me resemblatz homes de gran mal apensat.
per qu' etz passatz avan?" e a Razols trobat.
per capayro lo pres, un gran colp lh' a donat:
davant luy a sos pes en terra l' a getat.
"per dieu" so dis Razols, "ar ay trop endurat,
c' ayssi vilanament a terra m' as tombat."
e desfibla s sa capa, trays son bran aceyrat:
per mieg lo cap amon vay ferir lo malfat,
si que l' una aurelha la outra a sautat.
e Richart e Raynier trazo ls brans aceyrat.
a Golafre n' an mot gran ruste colp donat,
mas no li an la testa ni l cors entamenat:
car el avia vestida la pel d' un encastrat.
e Golafre tenc l' apcha et a son colp levat.
Razols penset tot fendre per lo notz del baudrat,
mas el sautet vas destre: no l' a pas el tocat.
Golafres a dat tal en un marbre cayrat
que l' apcha intret dins pus d' un pe mezurat.
"ay dieus" so dis Raynier, "bel rey de majestat,
que farem d' aquest Turc qu' es de tan gran fertat?
car no l podem plagar en cap ni en costat."
lo duc gardet vas terra, un barras n' a levat.

ab ambas mas le pren, e si l' a encontrat.
tal li det perdetras qu' en terra l' a tombat.
las cambas li peseya ab son bran aceyrat.
al cazer que el fetz, a tal un crit gitat
qu' en retendic la vila e tota la cieutat.
è mot petita dora x melia son armat:
paya son estornit, li culvert desfezat.
mot fo sobriers lo crit contraval la cieutat.
e Richart cor al pont, et a l tost avalat,
e li cinq cens baro an tost le pon pasat.
a l' intrar de la porta an payas encontrat.
adoncxs pogratz vezer man colp de bran donat.
Richart a pres son grayle, autamen l' a cornat:
Karle l' a ben auzit dedins le boy ramat,
et a cridat "Monjoya! sul destrier sojornat."
adoncx corren Frances, et an esperonat:
entro l pont de Martiple non an regna tirat.
cel jorn feric ben Gaynes e tot son parentat:
premiers intret avan, son golfayno levat.
mas l' ardimen d' aquels a mot petit durat.
paya torno a futa tro al major fossat,
e Frances los encauso ab los brans aceyrat.
li morh cazon espes, e fuio li nafrat.
Karle le filh Pepi a man colp pres e dat.
Gaynes le trahidor li vay pres del costat:
aquel jorn fay a Karle gran semblan d' amistat.
Ab tan vec vos punhen Aufrizo lo jayans.
un malh porta èl punh, que fo fers e pezans.
de cavayers de Fransa a tuatz no say cans.
Karle es dichendutz, iratz fo per semblans.
apres luy es vengutz le barnatge mot grans.
vas lo jayan s' endressa Karle mayne le francxs.
Karle l' emperador fe mot fort a lauzar:
portet trayta Joyoza, que fort reluzic clar.
enans que lo jayans si pogues trastornar,

feric lo l' emperayre tan co l bran poc levar
amon sus per la testa, si co l poc azesmar,
qu' entro sus a las dens l' anet trastost talhar.
adonex viratz payas glatir et escridar.
Karle cridet "Monjoya! baro, pesem d' intrar."
Richart de Normandia fe fortmens a lauzar,
e dons Razols de Mons, pus arditz d' un singlar.
aycels iiij e Karle fan payas recular,
dins les murs de Martiple van a forsa intrar.
encuey sera mot pres Karle de mescabar.
entorn luy s' ajustero pus de viij mil Esclar,
e pus de v cens Turcs van la porta tancar.
mas no pogro le pont per negun fayt levar:
car li baro de Fransa lor davo pro que far.
mot lay ac gran estorn a la porta fermar.
si Karles ac paor, no us o cal demandar.
estreytamen si pres Jesus a reclamar,
Rollan et Olivier si pres a remembrar.
e Richart l' escridet "no us vulhatz esmayar.
senher, tan can poyrem, pensem del be chaplar.
qui aychi eus falhira, dieus nos lh puesc' aydar.
ar poyra ben cascus son barnatge provar."
Karles fo a Martiple entre payana gen,
Richart de Normandia e Raynier hichamen,
e Razols et Hugo, tuh v tan solamen.
de payas e de Turcxs fan gran destruzimen.
mas si Jesus no n pensa, no lor valra nien:
car trop fo gran la prieycha de la pagana gen.
lo rey a escridat Monjoya n autamen,
e Gaynes l' entendet: gran pietat li n pren.
punhen venc a la porta, de son caval dichen.
Autafuelha escrida: ar vengro siey paren.
ricamens son armat: mil foro e v cens.
la porta envaziro per gran afortimen,
e ls Sarrazi dedins s' aydero malamen.

pus menut lansan peyras que pluega no dichen.
dels parens Gaynelo nafratz lay ac be een.
"per fe" so dis Aloris, "nos em tuh fors del sen,
c' aychi nos fam aucieure a dol et a turmen."
pucys dis a Gaynelo "bel neps, anem nos en.
Karles es pres dedins, on tota Frans' apen.
de luy e de Raynier avem huey vengamen.
qui jamays l' aydara, dieus le torn a nien.
ar podem aver Fransa a nostre mandamen.
vostre payre er reys, e aura l tenemen."
"no plassa dieu" dis Gaynes, "le payre omnipoten,
que vas mo senhor fassa trasio a prezen.
del tenem nostra terra e nostre cazamen.
devem li ajudar de bon cor lialmen:
car aychi non a un que no lh fes sagramen."
can Aloris l' enten, a pauc d' ira no fen.
Aloris dis a Gaynes "vos estes forsenatz
car vos aychi estatz. que venir no n puscatz."
"no plasa dieu le payre, que fo en erotz levatz,
que ja en tal manieyra Karle sia falsatz."
ab tan ve us Ferabras, que tan fo bos armatz.
ab sa votz que ac clara, los a n aut escridat.
"et on etz, Karle mayne, mos cars senher prezatz?"
li trahidor respondo "mays no cre que l vegatz:
car enclaus e dedins dins eels murs dentclhatz."
can l' enten Ferabras, a pauc n' es forsenatz,
et a cridat a Gaynes "baro, que agardatz?
so es gran volpilatge car vos no lh' ajudatz.
encara n poyratz eser de trassio reptatz."
can Frances l' entendero, vee les vos espertatz.
entro sus a la porta no y son aremenatz.
lay troban Gaynelo que ja era nafratz.
Ferabras ac gran joya car le pont fo baychatz.
a l' asalhir son be el e Gaynes portatz:
ah apchas et ah picx an los portals brizatz.

vec les vos dins Martiple per vivas pozestatz.
can viro lh traydor qu' es preza la cieutatz,
tuh ensemps s' en intrero, lors golfaynos levatz:
comunalmen feriro ab los brans aceyratz.
la jayanda auzic cum si son demenatz.
Can enten la jayanda que la vila 's forsada,
sauta fors de son lieyt tota descabelhada.
denant si esgardet, una faus a trobada.
jamays tant cant ilh viva, no er preza l' intrada.
de nos Frances a mort pus d' una carretada.
"ay dicus" so dis lo rey, "santa vergis honrada,
ieu vey lay un diable pus negre que molada.
de mos homes aucir la vey mot dezirada.
gran dampnatge fara, si lonc temps a durada.
qui a arc ni balesta, sempre m sia lieurada."
lo ducxs Hugues de Nantes n' ac un' aparelhada.
d' una sala peyrina que fo aut conpassada
lo coms l' a tenc tenduda, ac la vielha avizada.
tal li det per le fron, can l' a be azesmada,
que per mieg lo cervel n' a la fleca passada,
e cazet leu a terra morta et eversada.
anc pueys no fo per ela l' intrada devedada:
Frances an sus la vielha manta peyra lansada.
Karle a pres Martiple ab forsa et ab vigor.
tot aucizo can trobo de la gen payanor.
ay dieus, tan gran aver trobero aquel jorn,
aur et argen e seda e palis de color.
l' almiran avia mes gran trezaur en la tor:
car era fortaleza, pus gran non es alhor.
Karle nostr' emperayre ab la fresca color
partic tot le trezaur a la ost et alhor.
dos jorns et una nueyt aqui feyro lezor.
Karle a pres Martiple la fort cieutat valhan.
aval dejos la vila s' anero albergan.
le borc e las mayzos anero relevan,

e vengro a la cambra on ero li eſan
qu' ero de la jayanda, la femna del jayan.
li Frances los aporto a Karle de denan;
e can Karle los vic, de crotz si vay senhan.
San Denis a jurat, cuy tray a son guiran:
no ls laycharia aucir per tot l' aur d' Orian.
e fetz los bateyar a l' evesque Johan:
l' us ac nom Olivier, e l' autre nom Rollan.
mas no visquero pas ij mes entieyraman:
car el i foro mort abbeduy en durman,
enans que l' emperayre agues conquist Balan.
So fo el mes de May a l' intrada d' estat:
Karle a pres Martiple ab son riche barnat.
lo duc Raynier de Nantes et Hugo le lauzat
e dons Razols de Mons ab le cor abdurat
parlero e diehero a tot l' autre barnat.
"senhor, qui romaura en aquesta cieutat
per gardar lo passatge entro siam tornat?"
"senhors" so dis Richart, "ieu m' ay a nueyt pensat
que Razols i romanda, si a vos ve a grat,
e 'l duc Hugues de Nantes ab v cens del barnat."
"per fe" so a dit Karle, "vos avetz ben parlat.
aychi sera lo fayt cum avetz devizat."
Razols e 'l com n Ugo gardero la cieutat,
et ab lor son romas cels que ero nafrat,
per lors plaguas guerir tro fossen beu sanat.
aval per tota l' ost son li saumier cargat
de pa, de vi, de carn, d' avena e de blat.
mas de l' autre arnes non an ges aportat:
tot romas a Martiple en la gran fermetat.
Karle see sus Blaücart: vec lo us encaminat.
e regardet sa gen, don el ac gran plantat.
los huelhs levet val cel per gran humilitat.
"senher payre de gloria, tan m' avetz honorat.
mot pues eser alegres, can de tot cest barnat

pnesc ieu far tot mon pro et a ma volontat."
dami-dieu en merceya et a son cap senhat.
ar cavalga la ost belamens et de grat.
L' emperayre de Fransa ab la barba floria
cavalgua belamens ab sa gran baronia.
e melia cavayers a en sa companhia,
e l' avangarda fetz Richart de Normandia
e Ferabras lo pros, que sa ley a gurpia.
mas l' almiran Balan a la noela auzia,
que Karle a sa gen de Martiple aucia,
e que mort a Golafre qu' en garda la tenia,
e tout l' aur e l' arnes e l' autre manentia.
tal dol n' a demenat, e planh e plor e cria.
"ay Bafomet" dis el, "cum es ta ley aunia!
malvat dieu recrezut, no valetz una lia.
ben a fayt Ferabras car a ta ley grepia:
car mos homes degratz no perdeso lor via."
e pres una gran massa, ab ij mas l' a sayzia,
e venc tost e corren a la Bafomayria.
tal ne det a Bafom sus la testa dauria,
tota la li trenquet e lo cors li debria.
e pueys can o ac fayt, envas luy s' umelia.
Mot menet l' almiran gran planh e gran dolor.
e nostre bars estan èl palaytz dins la tor.
Sarrazis lor asalho per forsa et am vigor.
l' almiran escridet "mueyran li traydor.
mantenetz ben l' esaut, c' ades penrem la tor,
et ardray Floripar que m fay tal dezonor:
et ela e ls glotos auciouray a dolor."
doncx saliron payas tot entorn de la tor,
e Frances si defendo cum bon cumbatedor.
ma si Jesus no n pensa, venguh son a dolor.
la sala an perduda e la statga major:
non an mas una cambra de petita valor.
"senhors" so dis Rollan, "mantengam be l' estorn.

fasam lor gran dampnatge sivals tot aquest jorn."
"companh" dis Olivier, "no siatz en error.
enqueras em sains tals x combatedor
que podem e devem gardar so que tenom.
iscam nos en defors è nom del salvador:
mays am morir defors que vieure a deshonor.
aychi sera lo fayt: ja no y aura trigor."
Ar son nostre Frances en la tor eserratz:
non an mas una cambra, e so fort enugatz.
ja foran Sarrazi eb lor ensemps mesclatz,
can li baro de Fransa lor son encontr' anatz.
Floripar los apela et a los escridatz.
"senhors, ar del ben fayre siatz entalentatz:
car si d' aquest asaut estes vos deslieuratz,
tal causa us mostraray don tuh seretz pagatz.
so sera la corona Jesus de majestat."
can l' entendo li comte, pluran de pietat.
adoncxs viratz d' espaza man ruste colp donat.
dels estables an traytz los bos cavals gitatz.
adoncxs a Floripar duc Naymes apelat,
e 'l pros Teri d' Ardena que a lo cap mesclat,
e Berart issamen: aquestz iij a sonat.
"senhors, vos m' avetz tuh e pleuit e jurat
que no faretz ja re mas can ma volontat.
ara us er la corona e ls iij clavels mostrat,
e lo signe Jesus que tant ay fort a grat."
els dizo que faran del tot a so mandat.
Floripar s' en intret, un cofre a portat.
e vay penre la clau, e si l' a desfermat;
e trays fors las reliquias, et ilh son enclinat
lors caps envas la terra, et an dieu reclamat.
duc Naymes de Baviers a premiers paraulat.
"ay dieus, gentil donzela, ben em tuh cofortat.
baylatz nos las relequias per la vostra bontat,
tant tro n' aiam las brocas e nostres huelhs tocat."

al duc Naymes las bayla, a las desvolopat:
las reliquias azoro ab gran humilitat.
e Naymes si regarda del mur endentelhat,
e vic mil Sarrazis que son ja dins intrat.
presa agran la tor per viva pozestat,
can duc Naymes lor a las reliquias mostrat.
d' aytan aut cum ilh foro en terra son donat.
"ay dieus" so dis duc Naymes, "aras avem proat
c' ayso so las reliquias Jesus de majestat.
baro, hueymays siam del tot asegurat,
car per guerent avem la santa Trinitat."
so respondo li comte "vos dizetz veritat."
anc despueys no y ac Turc ni Sarrazi duptat.
Frances son sus la tor, et us temor no n a:
per las santas reliquias cascus s' asegura.
duc Naymes de Bavier Floripar apela;
las reliquies li ten, et el las rebayza.
la donzela las pren, si las envolopa.
trastota desfiblada als comtes repayra.
un diaspre vestic que lutz e flameya:
pus suau que pimen de bon odor flayra.
lo coms Guis de Bergonha totz armatz la s bayza.
venguh son als dentelhs, on cascns s' aferma.
can l' almiran los vic, gran mal talen en a,
e no y s pot abstenir, autamens escrida.
"Floripar la mia filha, e ta mal vos venra.
be fo fols vostre payre, can en vos se fiza,
e ben ac mal conselh que ls Frances vos bayla.
de vos e dels glotos l' amor si partira."
ab aquestas paraulas l' asaut recomensa.
l' almiran pres un grayla, autamens lo corna.
los trabuquetz traychero xiiij que lay n' a.
un gran pan de la tor en terra crebanta.
Rollan et Olivier et Augier s' en intra.
en una cambra vengro on Tervagan esta.

cascus pres un dieu d' aur, a son col lo cargua.
Rollan tenc Apoli, de lansar s' ayzina:
jos en la prieysa major als payas lo lansa.
et Augier tenc Margot, aval lo balansa.
Olivier tenc Lupi, contraval l' evia.
duc Naymes de Bavier Bafom lor balansa.
can Balan vic sos dieus, totz d' ira alumna:
tal dol ac e tal ira c' a terra s' esplasma.
Sortibran de Coimbres de terra l releva.
l' asaut es romazutz, e l' estorn s' afina.
per amor de lors dieus mant Sarrazi plura.
pueys a dit l' almiran "senhors, ara parra.
tostemps aura m' amor qui mos dieus vengara."
L' almiran Balaan fon dolens et iratz,
et a dit a Bafom "vos estes oblidatz.
be semblatz adormitz c' aytal onta sufratz."
"senher" dis Sortibran "vilanamen parlatz."
ab tan fo Bafomet devant luy aportatz.
us dyable d' ifern li 's dins èl cor intratz,
e parlet ensemblan per viva pozestatz,
e dis una paraula, e fo ben escoutatz.
"almiran, riche bar, e per que us gaymentatz?
ar faytz sonar un grayle e la tor asautatz:
car ieu vos dic a certas, mantenen la penratz."
"ara" dis l' almiran "sia faytz sos mandatz."
adoncxs foro mil corns e mil grayles sonatz:
las peyras e ls cayres foro aparelhatz.
ar pens dieus del Frances per las suas bontatz:
car si l secors lor tarza, mortz son et afolatz.
Mot fo sobriers l' asaut e fera la cridada
de payas e de Turcx e de gen no fezada.
ab picx et ab picasas la porta an brizada;
entro a las fenestras no an fayta restada.
amont sus le castel son ja pres de l' intrada,
e penseron aver de mantenent l' intrada.

mas dedins a x comtes de Fransa la lauzada:
cuy atenho a colp, sa vida es finada.
ma si Jesus no n pensa, ja no y auran durada.
"senhors" dis Olivier, "franca gent honorada,
no y aia coardia fayta ni per pensada.
vos vezetz que la tor es en xx locxs trancada.
mas per aycel senhor que fetz eel e rozada,
enans que l' arma sia fors de mon cors anada,
aueiray de payas pus d' una carretada."
can Rollan l' entendet, s' espaza a gardada,
et Olivier la sua qu' es tota sanglentada.
no n' i a un de totz no aia vertut cobrada.
ar intreron payas una gran randonada.
can li comte los viro, per mot gran azirada
ab los brans de l' acier an la tor deslieurada.
"ay dieus" dis Floripar, "santa vergis onrada,
encuey seray destruita et a mort turmentada.
ar rendrem eesta tor: mala fos anc formada."
so dis Gui de Bergonha "calatz vos, bela nada.
garatz c' aytal paraula no sia may pensada."
"senher" dis la pieuzela, "mot fort soy esfredada:
ear le secors no ve, nostra vida 's finada
be m pensiey a gran joya estre vostra 'spozada
et en santismas fons layada e mondada.
volgra vos fosetz reys et ieu regina coronada."
adoncxs a Floripar fayta gran sospirada:
si Olivier no fos, entr' els fora s plasmada.
mas Gui et Olivier l' an abduy sostentada,
e conortan son cors tro que fo remembrada.
dux Naymes esgardet lay vas una encontrada:
la senha Sant Denis a mot ben avizada,
be conoe le drago ab la coa bendada.
"senhors" so dis le duc, "franca gent honorada,
tota nostra dolor es hueymay espassada.
la senha Sant Denis a la val ja passada.

sieus cum cel que la porta ve de gran randonada.
be say, de nos vezer a mot gran dezirada.
la ost ve apres luy belamens ordenada.
ja an preza la terra e tota l' encontrada,
e totz premiers cavalgua Richart de Normandia.
dema auran payas doloyrosa jornada."
"ay dieus" dis Floripar, "regina coronada,
gloriosa pieuzela, tu n sias honorada.
senhe 'n Gui de Bergonha, be m' avetz oblidada.
bel senher, si m baysatz, pueys seray sadolada."
can Frances l' an auzida, gran joya an menada.
lo coms Guis de Bergonha n' a sa color mudada,
car el tornet pus frex que roza en estrada.

Mot an gran gauh li comte, can Naymes ac cumtat
qu' el barnatge venia que tant an dezirat.
a l' almiran Balan o an payas cumtat,
que Karle a la val d' Agremonia passat
ab c melia homes que tuh so ben armat.
l melia Turcx son ensemps ajustat,
que gardon lo destreyt de la val Jozoat.
e Karle cavalguet, son golfayno levat;
Richart de Normandia li fo pres al costat,
e li baro de Fransa cavalgan arengat.
per desotz le destreyt dichendo en un prat.
lay si son albergah: no y ac tenda ni trap;
tot era a Martiple en la gran fermetat.
li destrier paychon l' erba, els se son dezarmat.
entro que parec l' alba, l' alauza ac cantat.

Can l' alba aperec, qu' es pres ad esclayrar,
Karles a faytz sos homes garnir et ayzinar,
aychi cum per cumbatre belamen arengar.
Ferabras d' Alichandre fe adoncx apelar.
"Ferabras" dis lo rey, "ie' us ay fayt bateyar:
totz los jorns que ieu viva, vos en tenray pus car.
una causa, bel senher, vos vuelh dir e cumtar.

si volgues vostre payre Bafomet renegar
et en Jesu Crist creyre, e s volgues bateyar,
ja de tota sa terra no perdera palmat.
e si m combat ab el, faray lo escapsar."
"senher" dis Ferabras, "per dieu vos vuelh preyar
que mandetz a mon payre, si vol dieu adorar
et en santismas fons bateyar e lavar.
e si non o vol fayre, no vo n vuelh pus pregar."
l' emperayre de Fransa fe Raynier apelar
et Hugo e Richart, que vuelhan conselhar,
e mans d' autres baros que no vos say nomnar.
"baro" so dis le rey, "qui poyray enviar
a l' almiran Balan est mesatge cumtar?"
"senher" dizo lh baro, "be us podem conselhar.
vec vos lay Gaynelo, que fay mot a prezar.
al penre de Martiple lo vim mot ben portar.
e si dis tal paraula que fay ben a comtar,
que per tot l' aur del mon no us volria bauzar.
aras le poyretz be en est fayt esproar."
l' emperayre de Fransa apelet Ganelo.
"Gaynes, venetz avan, et anatz de rando
a l' almiran Balan dire que lays Bafo
e creza Jesu Crist que sofric passio,
e que m renda los comtes qu' el a en restazo,
e las dignas relequias; e no lh deman pus do.
e si non o vol fayre, ab luy quier contenso."
"senher" respondet Gaynes, "volontiers a bando."
ricamens s' es armatz a guiza de baro,
e monta el destrier c' apelo Tassabro:
no vitz milhor caval de la sua faysso.
sus son col a pendut un escut ab leo;
pueys a pres son espieut ab mot bel gonfayno,
et anc no volc menar ni par ni cumpanho.
per la val Jozue s' en vay ad espero.
li paya que lay ero, si l' an mes en razo.

"cavayer, qui es tu, que vas de tal rando?"
e Gaynes respondet "messatge soy Karlo:
a l' almiran Balan vau comtar ma razo."
doncx lo laychan anar li cavayer felo.
entro l trap l' almiran no fe arestazo.
sus son espieut s' apunta per denant so mento:
ja fara so mesatge, cuy qui pes o qui no.
Gaynes fo mot arditz e savis et senatz,
e ditz a l' almiran "Sarrazi, escoutatz.
per mi ti manda Karle, le bon rey coronatz,
que tu laysches Baſo e sias bateyatz.
e crey en dami-dieu que fo de vergis natz,
et en las santas fons bateyatz e lavatz.
e ren li la corona don dieus fo coronatz
e las dignas relequias e l signes honoratz.
et apres si t demanda sos cavayers membratz.
e si tu aysso fas, tu iest aseguratz,
de to filh Ferabras en seras may amatz.
e si non o vols fayre, per luy iest desfisatz.
vay t' en fors de la terra, que no sias trobatz:
car si Karle ti troba, mortz es et afolatz."
can l' enten l' almiran, pauc no n' es forsenatz.
"glot" so dis l' almiran, "mot iest otracugatz,
car aychi iest vengutz sus ton caval armatz.
jamay per tu mesatges no sera recomtatz.
malvatz es mos poders, si vos en retornatz."
sos homes escridet "baro, tost l' om liatz."
can Gaynes l' entendet, si s' es be perpensatz.
Brullan le volc ferir: Gaynes s' es regiratz,
et a brandit l' espieut, don lo fer fon cayratz.
per mieg le pieytz ferie Brullan de Monmiratz,
que per le gros del cor li es l' espieut passatz,
si c' als pes l' almiran es le corps eversatz.
lo caval esperona, et es s' en retornatz.
l' almiran salh en pes et es n aut escridatz.

"Sarrazi, Sarrazi, mala us escaparatz."
adoncas els corriro, als destriers son montatz:
Gaynelo encausero pus de mil Turcx armatz.
Naymes fo en la tor, lo vielh canut barbatz:
als fenestrals del marbre esta totz acodatz.
Rollan et Olivier e ls autres a sonatz.
"senhors" so dis le duc, "per dieu ar esgardatz.
lay vey un cavayer que sembla bos armatz,
e siegon le detras pus de mil renegatz.
Gaynelo mi resembla als entresenhs obratz."
"senher" so dis Rollan, "so es fina vertatz.
fortmen mi pezara sal ayes encombratz.
tuh preguem Jesu Crist que l garde de mescaptz."
ar s' en vay Gaynelo sus son caval corran;
l' escut tenc è sas armas, è son punh le nut bran.
Sarrazi l' encausero, li culvert mescrezan.
sus la val Jozue ac un tertre mot gran:
lay anet Gaynelo sus la gent mescrezan.
us paya d' Agremonia fier sus l' elme luzan,
que tot lo perfendet tro al pietz de denan.
apres tuet Tenebre, le frayre l' almiran.
et Olivier regarda, et apelet Rollan;
dels fayts de Gaynelo els menan joya gran.
e Sarrazis encausan, de ferir deziran.
mas can viro l' ost Karle, els no van pus avan,
mas tornero atras a l' almiran Balan.
del mesatgier de l' ost li van lo ver comtan,
cum a mort lo paya e fendut de son bran,
et a tuat lo frayre Tenebre le valhan.
e de la ost de Karle li comtan cum es gran,
que pus son de c melia de valens combatan.
"faytz armar vostra gen; non o anetz tarzan."
doncx cornero mil grayle e mil corns ichaman.
et aychi cum payas s' anavo ajustan,
vec vos un mesatgier vengut a l' almiran,

que lh comta las novelas de Tenebre valhan
e de Karle de Fransa, emperayre valhan,
que tala ost amena, anc hom non vic si gran.
"mot fort menassa Karle que vos fara dolan."
can l' enten l' almiran, si n mena joya gran.
so frayre va culhir desus son auferan.
mot menero gran joya, can si van encontran.
Mot fo sobriers la just dels culvertz Sarrazis.
lors escalas devizo, e si n fan xxvj.
ar pens dieus dels Frances, que en la crotz fo mis:
car mot seran greuiatz ans que sia mieg dis.
sus son destrier venc Gaynes punhen totz endemis.
las novelas cumtet al rey de San Denis,
que l' almiran no preza ni sos faytz ni sos dis,
ni dieu ni totz sos sans valen de dos taris.
"mot m' es be avengut, car ilh no m' an aucis.
vezent payas li ay un cavalier ancis,
si c' als pes l' almiran tombet per Sant Denis.
e can m' en retornava, autres dos n' ay aucis."
"Gayne" so a dih Karle, "mot etz pros et ardis.
ar faytz sonar los grayles; l' oriflan sia 'spandis."
Richart pres l' oriflan, que sab tot le pays.
R. en a los faytz entendutz e de vis.
per tota l' ost montero li cavayer de pris;
lors auberes s' endosero, et an lors escuts pris.
lay pogratz vos vezer de bos espieutz forbis.
x escalas an faytas de cavayers de pris.
en l' una fo Richart e talentos e guis,
el duc Raynier de Gennes en l' autre, so m' es vis;
e Gaynes ac la tersa, la carta Aloris;
e Jaufre d' Autafuelha ab los grinhos floris
ac la quinta batalha, si cum la gesta dis.
Macaris ac la sexta, c' avia lo pel bis;
Andrieus ac la setena, la ochena Teris,
e la novena ac us cavayer de pris,

la dezena escala lo rey de Sant Denis.
en cascuna batalha a x melia Frances.
la una ost ve l' autra: tan se son avan mis.
l' almiran apelet Rostanh e Macabis.
"vos los asaliretz ab c melia taris:
si Bafomet o vol, Frances son descofis.
mas si prendiatz Karle, gardatz no sia aucis.
mas Ferabras mo filh faytz tirar a rosis."
ab tan sonan li grayle, et an los corns bondis.
Rostan volc cavalguar ab la gen no fezada:
pus de cccc corns sono cela vegada.
denant trastotz los autres pres d' una balestada
s' es avansatz Rostanh ab sa senha levada,
et escridet "Aufrica" ab mot gran alenada.
"Karle, on etz anatz ab la barba mesclada?
mala pasiest Martiple; tart er la retornada.
Frances tenran ostatge è nostra encontrada:
de iiij deniers d' aur er lor testa comprada."
Karles a la paraula auzida; no lh agrada.
lo destrier laycha correr de mot gran randonada.
vay ferir lo paya sus sa traia obrada:
tan can l' asta li dura, l' abat mort en la prada.
pueys broca son caval, can venc a la girada.
anet ferir Jutin, un rey de Valmorada.
ges l' escut no li valc, ni lh pot aver durada:
per mieg le cors li mes la gran lansa parada,
si que mort l' abatet de la sela daurada.
can la lansa li falh, l' espaza a cobrada.
al premier qu' encontret a dada tal colada
que la testa cazec un astat en la prada.
als grans colps de Joyosa paya no an durada:
doncxs s' esforsa la noysa e l critz e la mesclada.
Mot fo grans la batalha, can Karle fo mesclatz.
be y feriron Frances, li vassal abduratz.
de mortz e de nafratz es le camp enjoncatz;

del sanc que cor per terra es mot grans le fangatz.
vec vos per la batalha tot punhen Tenebratz,
e fo sus un destrier corren et abrivatz.
fier Hugo de Pontayza sus l' escut qu' es obratz:
la bloca li pesseya, e l' auberc es falsatz;
per mieg lo gros del cor li es lo fer passatz.
mort l' abat del caval, Agremoni' a cridatz.
pueys a trayta s' espaza, qu' el pom fo nielatz:
ancit nos a Hugo e Guirant del Fossatz.
"per Bafomet" dis el, "tuh estes afolatz."
Richart de Normandia a lo Turc escoutat:
lo caval laycha correr, et a ab luy justat.
l' escut tot li trenquet, e l' auberc lh' a falsat:
per mieg lo gros del cor li mes l' espieut cayrat.
tan can l' asta li dura, l' abat mort abauzat.
"outra" dis el, "culvert, que trop avetz durat:
t' arma sia dampnada èl potz de Satanat."
Richart de Normandia tenc lo bran aceyrat:
un Turc a tot fendut tro al notz del baudrat.
Frances passan per forsa la gran val Jozuat:
tro als pratz d' Agremonia no y ac regna tirat.
e trobero la forsa de Balan l' almirat.
en sa cumpanha foro xxx rey coronat,
que cascus de totz xxx a son poder mandat:
ab c melia payas lay foron ajustat.
cilh que vengro fugen, li an dit e cumtat
que so frayre es mortz èl secors c' a menat.
can o autz l' almiran, tot le sanc a mudat.
en apres apelet so nebot Tempestat
e dels autres baros, si cum son pus privat.
"baro" dis l' almiran, "tostemps vos ay amat,
e si voletz m' onor, aras er ben provat."
can Sarrazi l' entendo, pluran de pietat.
"donem sobre Frances que m' an deseretat."
L' almiran cavalguet sus un liar destrier:

en trastota Espanha non ac melhor corsier.
e comenset apres sa senha despleyer.
adoncx sonan ensemps v c corns monodier.
al premier cap denant aneron li arquier.
adoncx pogratz vezer l' estorn recomensier,
la un mort sobre l' autre cazer e trabuquier.
pus menut no fay pluega, van sagetas d' acier.
ab tan vec vos punhen lo riche duc Raynier:
cel fo senher de Gennes e payre d' Olivier.
Sortibran de Coimbres a encontrat premier.
tal colp li vay donar sus l' escut de cartier
que l' escut no li valc un ramel d' olivier:
la lansa e l peno li vay èl cor banhier.
Sortibran cazet mortz, l' asta vay peseyer;
e Raynier tray l' espaza ses pus de demorier:
payas e Sarrazis comensa detrenchier.
aychi s' en fugen tuh, li felo aversier.
us Sarrazi s' en vay a l' almiran comtier
que "mortz es Sortibran que tant aviatz en chier."
can l' enten l' almiran, el cuyda forsenier.
Mot fo per Sortibran l' almiran esmayans.
per mal talent s' en part corrosos e dolans.
lo caval laycha correr, que mot era movans.
sus l' escut de cartier fier Robert lo Normans;
trastot lo perfendet per ambedos sos pans:
mort l' abat del destrier, don fo dampnatge grans.
mortz nos a x Frances e xiiij Normans.
el cridet "Agremonia! vengatz es Sortibrans.
ieu vos faray conoycher cum si fier l' almirans.
Karle ne menaray per sos grinhos ferrans.
apres luy er pendutz Oliviers e Rollans
e ls autres cavayers qu' en la tor son layns."
Mot fo fortz la batalha e lo chaple felo.
ab tan vec vos punhen lo comte Gaynelo
et Andrieus et Aloris d' Autafuelha grio,

Berenguiers e Macharis (senhors son del leo),
e l' ergulhos linatge punhen ad espero.
al baychar de las lansas fan gran occisio,
que pus de mil payas an gitatz al sablo.
amon per mieg son elme anet ferir Milho:
anc no li valc la cofa le valen d' un boto;
trastot lo perfendet del cap tro al talo.
ve us venir l' almiran ab coratge felo.
encontret en la via le comte Gaynelo:
tal colp li vay donar qu' el tombet èl sablo.
l' almiran le sayzic per l' auberc fermelo:
ab ambas mas le leva sus l' auferan Gasco.
ja lo n' agra portat entro son pavalho,
can l' ergulhos linatge li venc en aviro.
l' almiran lo laychet, o so volgues o no.
ab sa votz que ac clara el escridet Baso.
de mantenent li vengro xxx reys enviro.
le foc Grazesc aportan, que getan a bando:
Frances menan baten un gran trayt de basto.
ja foran descofit ses lunha falhizo,
can Ferabras lay venc, que mot ama Karlo.
et el fetz de payas mot gran occisio.
Tempesta abat mort, eso filh Tabio,
e plus may de xl del linatge vayro.
mas de payas lay vengro tal forsa de rando:
si dami-dieu non pensa, que sufric passio,
encuey iran Frances a gran perdissio.
La batalha fo grans, longamens a durat:
ja foran li Frances malamen mescabat,
si no fossen li comte, cuy dieu done santat.
ab tant ve us nostres comtes de la tor avalatz.
aval dins los estables an lors cavals trobatz:
cascus a pres le sieu, mantenent so montatz,
e prendo lors escutz e lors espieutz cayratz.
Floripar la corteza a en aut escridat.

"senhors, Jesus vos guit, lo rey de majestat."
li baro s' en anero punhen tuh abrivat.
de grans colps a ferir so ben entalentat.
ar sabran Sarrazi si Frances son escapat.
cascus de nos baros a lo sieu trabucat.
paya fuio Rollan, can l' an ben azesmat:
los colps de Durandart los an espaventatz.
paya son descofit e tuh desbaratat:
la batalha grepicho, en futa son tornat.
can lo vic l' almiran, tot le sanc a mudat.
ab sa votz que ac clara, en aut a escridat.
"a senher Bafomet, be m' avetz oblidat:
vos no fariatz a creyre pus que un mausti nat."
L' almiran vic sos homes fugir totz descofitz,
e Frances los detrencan ab brans d' acier forbitz.
mas l' almiran cavalgua sus un caval de pris;
tenc l' espaza èl punh, e fo pros et ardis.
amont per mieg son elme fier Hugo de Paris:
entro sus a las dens fo fendutz e partis.
apres a mort Jaufre, En Jaques de Sant Lis,
En Gari d' Albafort, Folcaut de Sant Denis.
l' emperayre o vic: mot mal fo talentis,
e broca son caval dels esperos d'or fis.
de Joyoza lo fier Karles, rey de Paris.
no l poc entamenar l' elme: tan fo masis.
sus en l' arso denan dichen lo bran forbis,
en doas partz li a son destrier mieg partit.
l' almiran chay a terra, mas tost es sus salitz:
perdesotz l' emperayre a son caval aucit.
e lo rey salh en pes cum vasal afortitz,
Karle et l' almiran son abduy avalatz;
ab lors brans aceyratz si son ben encontratz.
l' almiran fo pus grans que Karle un palmat.
los escuts d' ambedos son rotz et detrencatz:
en v locxs de la carn es nostre rey plagatz.

enpero l' emperayre no l' a ges refudat,
c'un colp li a donat sus en l'elme vergat,
las peyras e las flors en cazo per lo prat.
mas la cofa fo fortz: no l' a entamenat.
e lo bran escalampa, que pus bas a tocat;
l' espero li a prop del talo redonhat.
"paya" dis l' emperayre, "mot m' as huey trebalhat.
mas si Bafom avias per Jesus delaychat,
per amor de to filh ti rendray l' eretat."
can l' almiran l' enten, tot lo sen a mndat:
ab pauc no a ab dens l' emperayre mangat.
l' almiran auzic Karle que l' a proverbiat:
de mal talen qne ac a le cor trasnzat.
gran colp dona a Karle sus son elme gemat.
lo bran dichen a terra per mot rusta fertat;
a terra s' es ficatz pus d' un pe mezurat.
al relevar que fetz lo bran a pesseyat.
can l' almiran o vic, mot n' ac le cor irat:
la targua que portava lanset è mieg del prat.
L' almiran fo iratz e ples de felonia,
can vic s' espaza rota, que pro no li tenia.
nna misericordia a l' almiran sayzia:
el n' aucira ja Karle, si dieus no li n' ahia.
ab tan vec vos pnnhen Richart de Normandia,
Rollan et Olivier, que Jesus benesia,
et Augier lo Daynes e l'autra baronia.
la batalha dels dos an vista ses bauzia.
Augier dichen a pe del destrier de Suria,
l' almiran abraset, et Olivier lo lia.
ab tan ve us Ferabras qu' en auta votz escria.
"almiran, senher payre, mot fazetz gran fulhia,
car no vos bateyatz e crezatz ses bauzia
èl creator del cel e en la vergis Maria,
e que vos acordetz ab Karle lo meu sira."
"vay, glotz" dis l' almiran, "Bafomet ti maldia:

car t' arma es perduda dampnada e poyria."
can l' enten Ferabras, no pot mudar no ria,
e respon a som payre "mot etz ples de folia.
si creziatz Jesu, vos faratz bona via,
e Karle vos rendria vostra terra c' a pria,
e Jesus vos penria è la sua cumpanhia."
Selos fo l' almiran, can Olivier lo lia.
lo duc Teri d' Ardena sus un mulet lo lia.
ab x melia Frances Agremonia tene via.
e can payas an vist que l' almiran s' en va,
de totas partz s' enfuio. be fo qui ls eneausa:
entro a l' aura nona lo camp no defina.
Karle fo Agremonia, que l' almiran pres a.
pus de cc mil Turcxs remano mortz èl pla.
Frances van ad alberguas, easeus si dezarma.
l' endema can par l' alba, l' emperayre s leva.
tota sa baronia paucxs e grans ajusta.
tot so qne an conquist, partic e deviza:
tot a sa volontat a cascu ne dona.
e can tot o ac fayt, un avesque sona,
et a l dit e mandat c' unas fons li senha,
que l' almiran, so crey, bateyar si volra.
tost fo aparelhat, can el o comanda.
una cuba cumpliro d' aygua tro pro n' i a.
Karle mandet Balan, et Augier lay ana;
Rollan et Olivier e Ferabras lay va.
tan l' an tengut per forsa c' Augier lo despulha.
l' emperayre li sona, e si li demanda
si vol creyre Jesus, que tot le mon salva,
et en la santa vergis pieuzela s' azombra,
e sofric mort per nos, et ifern pesseya,
e vezen sos apostols sus èl cel s' en monta,
e que lo sant baptisme a gardar comanda.
e si lo cre aychi, gran profieyt li sera:
ja de tota sa terra un palmat non perdra.

l' almiran dis e jura "ja no autreyara:
ni per mot ni per vida Bafom no laychara."
en despieyt de Jesu en las fons escracha.
can Karles o a vist, a pauc no desena.
et a trayta Joyoza, contramon la leva.
mas Ferabras l' abrassa, merce li reclama,
que per dieu no l' auciza, qu' enquers l' esayara.
Karle tenc en sa ma lo bran d' acier forbit:
l' almiran apelet, can hom l' ac desvestit.
"si vols grepir Bafom ni creyre Jesu Crist,
la terra t rendray tota, don ieu t' ay desazit."
Ferabras s' agenolha, si li clamet merci.
"per dieu, bel senher payre, ara falhetz aychi."
so a dit l' almiran "e ieu l' autrey aychi,
si las fons m' abelisso, can seran benezi."
Karles a mot gran joya, c' a la paraula auzia.
d' una clara fontayna la cuba recompli.
can las fons son senhadas, lo fo pres de mieg di.
l' avesque li demanda belamens, so us afi,
si vol laychar diable et creyre Jesu Crist.
can l' enten l' almiran, trastotz enegrezi.
en despieyt de Jesus en las fons escupi.
pueys es salitz totz nutz, l' avesque le sayzi:
ja l neguera en l' aygua, can Augier lo lh toli.
enpero l' arsivesque l' almiran te aychi
que per miega la gola le clar sanc en ichi.
adoncx fo l' emperayre de dol pres de la fi.
"Ferabras" dis lo rey, "vos estes mos privatz.
l' almiran vostre payre totz nos a vergonhatz."
can Ferabras l' enten, totz le sanc li 's mudatz.
a Karle quier merce dolens et aburatz.
"senher dreytz emperayre, un petit m' escoutatz.
sabray si ja mon payre sera crestianatz.
e si non o vol fayre, fatz ne so que us vulhatz."
Floripar escridet "Karle, que demoratz?

el es us ver diable: tantost lo deslivratz.
a mi no cal si mor, mas En Gui mi donatz."
"bela" dis Ferabras, "vos avetz tort, si eus platz.
ja es el nostre payre, e nos a engenratz.
trop estes felonessa, que pietat no n' agatz.
ieu volria aver do mos membres talhatz
per so qu' el fos en fons lavatz e bateyatz."
doncx plura Floripar, e sospirs grans gitatz.
"senher payre" dis ela, "per que no us bateyatz?
car ges no val Bafom ij deniers monedatz.
mas cel es veray senher qu' en la crotz fo levatz.
si 'n luy avetz fizansa, bon gueren vos n' avratz."
"vay" dis el, "putanela; laycha m' estar en patz.
ieu no creyray Jesu, qu' el non a potestatz.
pasat a v c ans que fo crucificatz.
mal aia qui l creyra que sia resussitatz."
can Ferabras l' auzic, dolens fo et iratz.
"a Karle, mon bel senher, faytz ne so que us vulhatz."
L' emperayre de Fransa a Frances apelatz:
car el volra aucieure le payre Ferabratz.
"per fe" so dis Augier, "ieu l' auray tost matat."
et a trayta corran l' espaza del costat:
la testa li vay tolre, vezen tot lo barnat.
e Ferabras sos fils li perdonet de grat.
Floripar la corteza a Rollan apelat.
"senher, miey covinen me sion averat."
"certas" so dis Rollan, "volontiers e de grat.
senh' En Gui de Bergonha, tenet la liautat
envas esta pieusela, e no lh sia pasat."
"volontiers" so dis Gui: "ve us m' en aparelhat,
si sol Karles o vol, ni a luy ve a grat."
"certas" so respon Karle, "per me non er passat."
la pieuzela despuelhan, vezen tot lo barnat,
et ac sa carn pus blanca no es flor en estat,
las mamelas petitas e l pel recercelhat.

al miels de nos Francez a lo talan mudat.
en las fons c' om avia per l' almiran senhat,
donan a Floripar santa crestiantat.
Karle la tenc è fons e Teri l' abdurat,
e no li an so nom cambiat ni mudat.
apres a l' emperayre lo com Gui apelat.
"ieu vuelh que vos fasatz so c' avetz afizat."
e l com Gui li respon "faray vostre mandat."
e fetz la lh' espozar, vezen tot son barnat.
Ferabras d' Alichandre a lo rey demandat,
e prega li que lh done la mitat del regnat.
la corona Balan a lo rey demandat.
Ferabras d' Alichandre lah aporta de grat.
rey fu Gui de Bergonha: Karle l' a coronat,
per conselh Ferabras que li o autreyat.
e si n fe Ferabras de tota la mitat.
cascus es rey d' Espanha, partiran per meytat.
prop la tor d' Agremonia èl ric palaytz listrat,
lay son li espozat a gran joya menat.
x jorns trastotz entiers a la festa durat.
Karle lay a ij mes e iij jorns sojornat,
entro ac lo pahis del tot aquitiat.
Can Karle l' emperayre ac la terra partida,
el mandet Floripar, Floripar la chauzida.
"bela" so dis le rey, "ieu vos ay coronada,
et etz la dieu merci bateyada lavada.
al milhor cavayer estes vos espozada,
que sia dels nostres ports entro la mar salada.
et el e Ferabras si tenran l' encontrada.
e dema volray movre per bona 'ndestinada.
no m' avetz vos encara la corona mostrada.
aportatz las relequias ses lunha demorada."
"senhor, mot volontieyra, pus vos platz e us agrada."
en la tor d' Agremonia es Floripar intrada.
ela venc a la cambra, et a la desfermada,

e pres l' escrinh d' argent: no e' es pas arestada.
a l' avesque lo bayla; si l' a el desfermada.
trastot primierament n' a la corona ostada,
que dieus ac è son cap can fo l' endestinada
que l matero Juzieu, la gende no fezada.
no fon d' aur ni d' argen ni fayta ni obrada:
d' espinas fo punhens e de jonc entrenada.
als baros la mostret ab mot gran sospirada.
manta lagrema y ac en aquel jorn gitada:
cascus s' aginolhet, sa colpa enclinada.
l' arsivesque Turpi l' a mot gent esprovada.
tot n aut desus le pali l' a contramont levada,
e la corona s' es sus l' ayre estancada.
"certas" dis l' arsivesque, "mot l' ay ben assayada."
pueys l' a pres l' arsivesque; si l' a jos avalada.
pus flayret doussament que canela muscada:
la dousor que n' ichic no pot eser nomnada.
Enviro la corona fo mot grans lo barnatz.
l' arsivesque a los clavels de la caycha gitatz;
aychi cum la corona los a gent esprovatz.
"senhors" dis l' arsivesque, "per dieu ar escoutatz.
ve us aychi la corona don dieus fon coronatz,
e ls clavels atretal ab que fo clavelatz."
"senher dieus" so dis Karle, "vos ne siatz lauzatz.
mot deg eser jauzens que cossentit m' ayatz
qu' ieu aya la corona don vos fotz coronatz,
e los santes clavels don foretz clavelatz,
e l ver sante suzari on [vos] fotz envolopatz,
don sera mon pays trastotz enluminatz."
L' emperayre de Fransa fetz mot fort a lauzar,
et a fayt una tavla sus dos escanhs levar.
un ric drap meyro sus, quc fo faytz outra mar.
aqui fc l' emperayre las relequias pauzar.
dedins sos magers cofres las fetz pueys eserrar.
Karle demandet aygua a sas mas a lavar.

apres el e lh baro s' asegro al mangar.
costa si fe sezer regina Floripar,
de l' autra part rey Gui que l' a preza per par.
Ferabras tenc la copa denan Karle lo bar.
si Karle fo vestitz, no us o cal demandar.
e can venc en apres que levo del dinnar,
cascus pres son caval per anar baneyar;
e pueys ilh s' en repayro, can venc a l' avesprar.
e can agro sopat, si s' anero pauzar.
l' emperayre s' adorm, can fo anat colcar;
et el senhet son cap que dieus lo sal e gar.
e somiet un somi que no lh deu agradar,
que ad Aycxs la capela se devi' albergar.
de la trayta d' Espanha avia auzit parlar,
que anes el pays socorrer et aidar
sus la gen payana e l rey Guio menar,
et un jorn foren mort pus de v c milhar.
en sa cort a Paris avia un leonar
que li volia sos huelhs fors de son cap gitar.
per lo somi si pres Karles a despertar:
dami-dieu rey de gloria comenset a lauzar.
denant si fe venir Naymes per conselh dar.
lo somi li cũntet; tot le fe esmayar.
"senher" so dis duc Naymes, "vos iretz osteyar.
tornaretz en Espanha, pro lay auretz que far.
tal hom avetz noyrit que us cuda galiar.
mas ges de trassio no s pot hom ben gardar:
dami-dieu vos en gar, que tot a a jutgar."
L' emperayre de Fransa s' es levatz ho mati;
la messa li cantet l'arsivesque Turpi.
pueys comanda que l' ost si meta èl cami.
doncxs auziratz gran noyza menar e gran trahi.
l' ost es meza 'n cami, no pren pauza ni fi.
cel ver dieus los condua que fetz de l' aygua vi.
no n' i a un no dezire de Fransa son cozi.

Karle a d' Agremonia partidas las cumpanhas.
Floripar la reyna lo siec per amistat.
"bela" so dis lo rey, "ara vos en tornatz."
"senher" dis Floripar, "si cum vos comandatz.
dieus sia garda de vos, que en crotz fo levatz."
e Karle la bayzet, un petit s' es pluratz
per lo departimen, e vec los vo n' anatz.
mas Gui ni Ferabras no s' en so pas tornatz:
entro sus a Martiple los an asolasatz.
Francos s' en van lotgan encontraval los pratz.
l' emperayre no s' es c' una nueyt arestatz.
lo rey Gui es de Karle partitz et ac comiatz:
al partir de lor dos fo mot gran dol menatz;
e Ferabras ab lor, lo vassal abduratz.
mas l' emperayre Karle los a ben coronatz.
D' En Guio de Bergonha es Karle departis:
a luy e Ferabras comanda le pays.
mot los a l' emperayre bayzatz e congauzis,
e pregua lor que sian e frayres et amis,
e defendan la terra, et el er lor aydis.
a dieu los comandet, lo rey de paradis.
ar s' en vay l' emperayre e mes si pels camis
ab trastot son barnatge e soudadiers de pris,
et aquels de Martiple, que eran per garda mis.
tan van per lor jornadas tro foro a Paris.
cascus s' en vay avan lay on era noyris,
e Karle s' en anet al mostier Sant Denis.
las relequias lor mostra del rey de paradis.
x avesques lay ac e d' abatz xxxvj
e iiij arsivesques de nobles e gentils.
lo barnatge lay fo d' Orles tro a Sant Lis.
Al baro Sant Denis fo fayta l' asemblada:
aqui fo lo corona partida e lauzada.
una partida n fo a Sant Denis donada,
us clavel atretal (so es vertat provada):

a Compienha lo sigue a la glieyza onrada.
de las santas relequias fo fayta devizada:
bel prezent ne fe Karle per Fransa la lauzada;
a la honor de dieu n' es manta glieyza honrada.
la festa de Sant Lis fo per ayso trobada.
no triguet mas iij ans qu' Espanha fo gastada.
lay fo la trassio dels xij pars parlada:
Gaynelos ne vendet a la gen desfezada,
don pueys fo ab rosis vilmen la carn tirada.
lo somi s' averet; mala fos l' encontrada.
ja tracher luenh ni pres no deu aver durada.
bon es d' aquest romans la fi e l' encontrada
èl mieg loc e pertot, qui be l' a escoutada.
a dieu nos coman totz. ma canso es finada.

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07369 6869

B 378085 DUPL